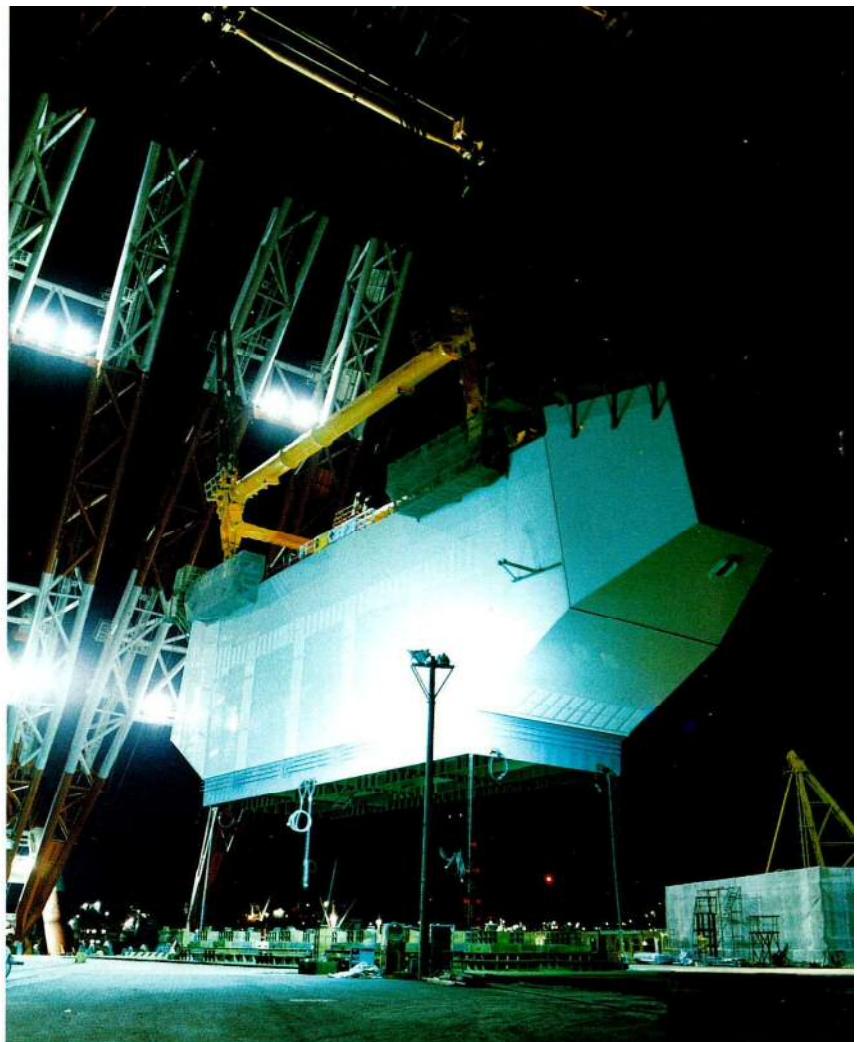


### 鶴見航路橋（BY421工区）

発注者 首都高速道路公団  
型式 三径間連続鋼斜張橋  
橋長 1,020m (255+510+255)  
幅員 26.5m  
鋼重 38,000t  
(主塔横梁部重量約2,300t)  
路線 首都高速湾岸線  
所在地 神奈川県横浜市～川崎市  
施工 宮地他5社

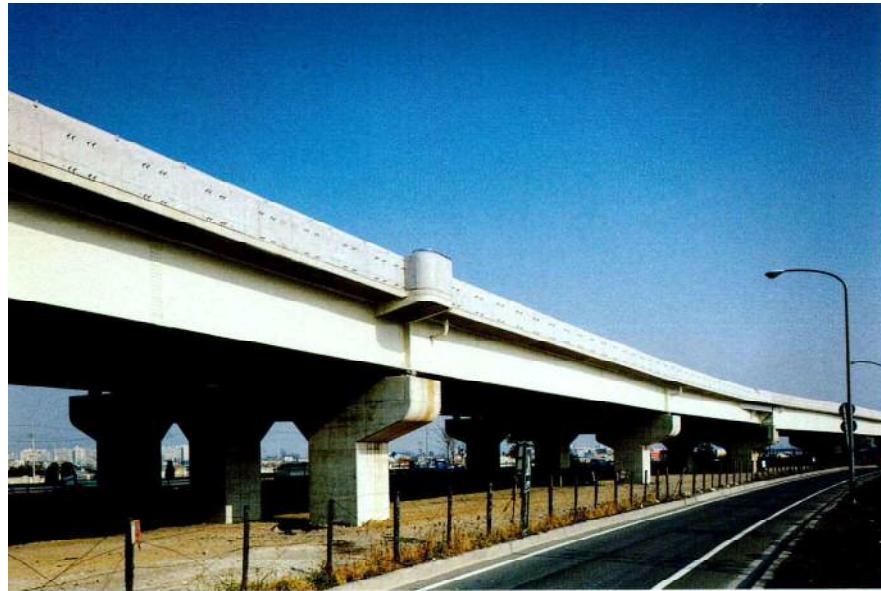
説明文 P10



### 新万代橋

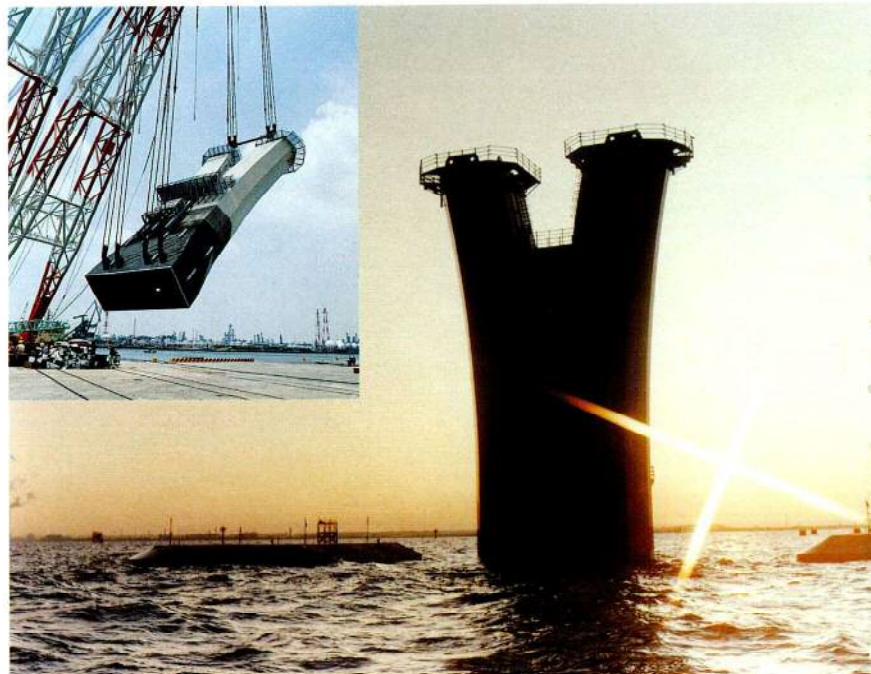
発注者 茨城県  
型式 3径間連続鋼斜張橋  
単純非合成鋼桁  
橋長 357.6m  
(77.25+162.0+77.9、40.45)  
幅員 21.5m  
鋼重 4,212t  
路線 一般国道349号  
所在地 茨城県水戸市  
竣工 平成4年  
施工 宮地他9社

説明文 P10



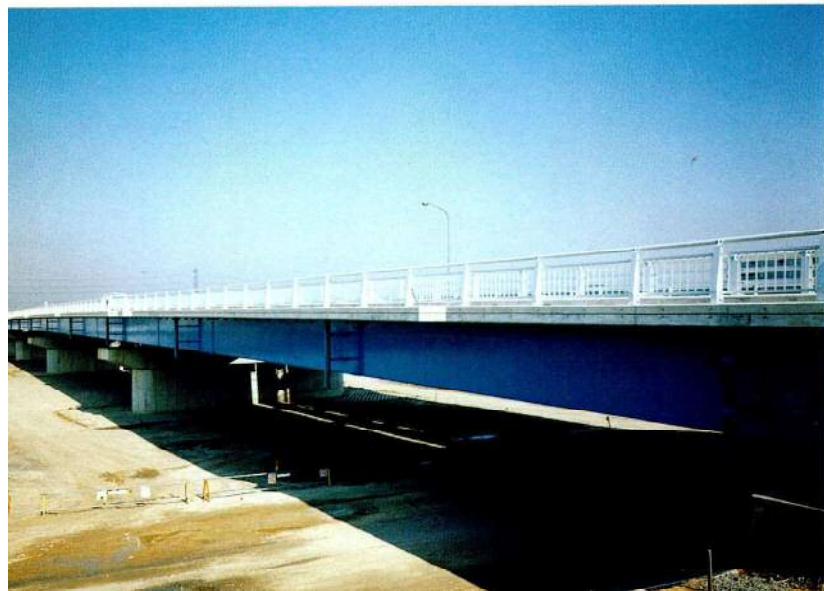
三郷西高架橋

発注者 日本道路公団  
型式 3径間連続非合成鋼桁  
3径間連続箱桁  
橋長 321m (57.5+85.5+61.0,  
38.525+39.0+38.525)  
幅員 9.75~18.412m  
鋼重 2,440t  
路線 常盤自動車道  
所在地 埼玉県三郷市  
竣工 平成4年  
施工 宮地他1社  
説明文 P 22



東京湾横断橋鋼製橋脚

発注者 住友・浅沼・佐伯建設共同企業体  
型式 鋼製水中橋脚  
高さ 49.42m  
鋼重 2,150t (P<sub>1</sub>橋脚)  
路線 東京湾横断道路  
所在地 千葉県木更津市  
竣工 平成5年予定  
施工 宮地他1社  
本文 P 11参照



勝川橋

発注者 中部地方建設局  
型式 3径間連続非合成箱桁  
2径間連続非合成箱桁  
橋長 301.2m (59.15+2×60.0、2×60.0)  
幅員 12m  
鋼重 795t  
路線 国道19号線  
所在地 愛知県名古屋市  
竣工 平成3年  
施工 宮地他1社  
説明文 P 22

### ふれあい大橋（日向ダム 5号橋梁）

発注者 岩手県  
形 式 2径間連続多索式斜張橋  
橋 長 273m (152+120)  
幅 員 5~7m  
鋼 重 1,212t  
路 線 小川温泉線  
所在地 岩手県釜石市  
施 工 宮地他2社  
竣 工 平成2年  
説明文 P22



### 八谷大橋

発注者 東北地方建設局  
型 式 3径間連続曲線箱桁  
橋 長 195m (57.4+68.5+68.0)  
幅 員 10m  
鋼 重 635t  
路 線 国道12号線  
所在地 山形県米沢市  
竣 工 平成3年  
施 工 宮地他1社  
説明文 P29

### 藤原大橋

発注者 四国地方建設局  
型 式 逆ローゼ桁  
橋 長 193m (26.5+138.0+27.5)  
幅 員 5m  
鋼 重 313t  
路 線 市道藤原一萬川線  
所在地 愛媛県伊予三島市  
竣 工 平成3年  
施 工 宮地他1社  
説明文 P43



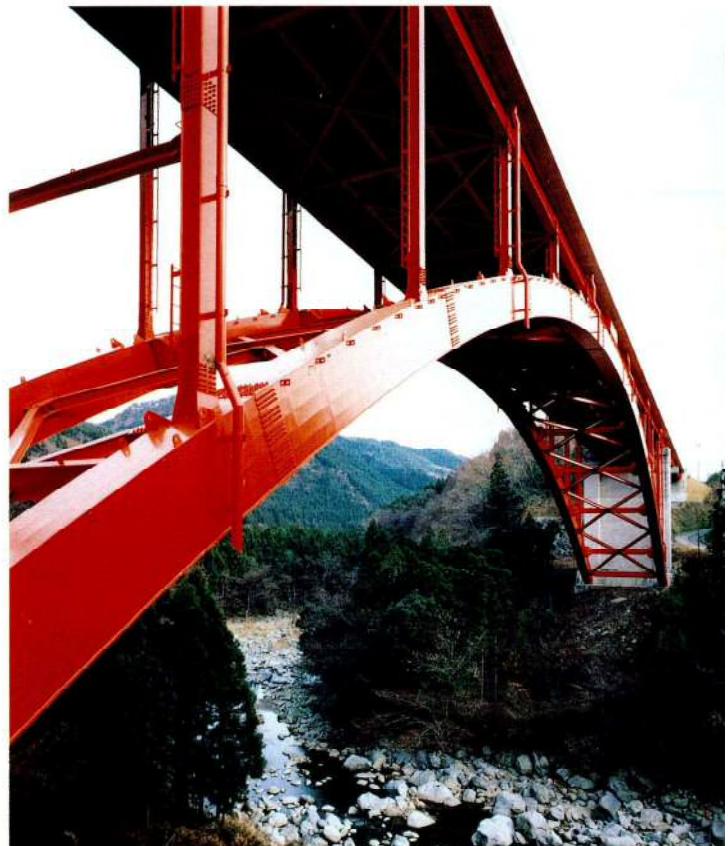
### 東京港連絡橋



発注者 東京都  
型式 4径間連続鋼床版箱桁  
橋長 374.487m (3×94.0+92.487)  
幅員 2.25~8.00m  
鋼重 11,525t  
路線 首都高速12号線、臨港道路  
所在地 東京都港区  
竣工 平成4年  
施工 宮地他2社  
説明文 P 43

### 田人大橋

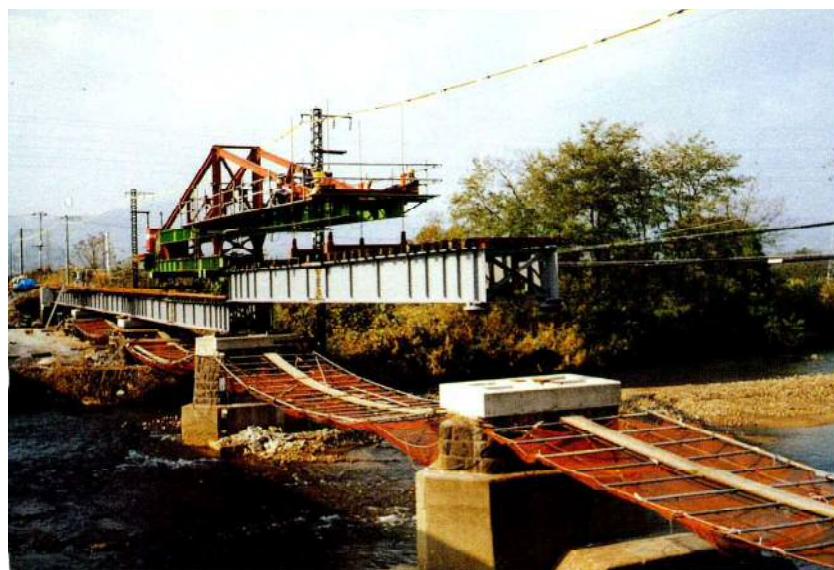
発注者 福島県  
型式 2径間連続非合成鋼桁、逆口一ゼ桁  
橋長 205m (2×23.85, 150.0, 2×23.85)  
幅員 10.5m  
鋼重 620t  
路線 国道289号線  
所在地 福島県いわき市  
竣工 平成3年  
施工 宮地他1社  
説明文 P 78



### 新汐川仮橋



施主 愛知県  
型式 MT Bridge-II型（上路式）  
2径間連続鋼桁  
橋長 47.2m (22.0+24.0)  
幅員 8.0m  
路線 県道西尾-幸田線  
鋼重 80t  
所在地 愛知県西尾市  
説明文 P 78

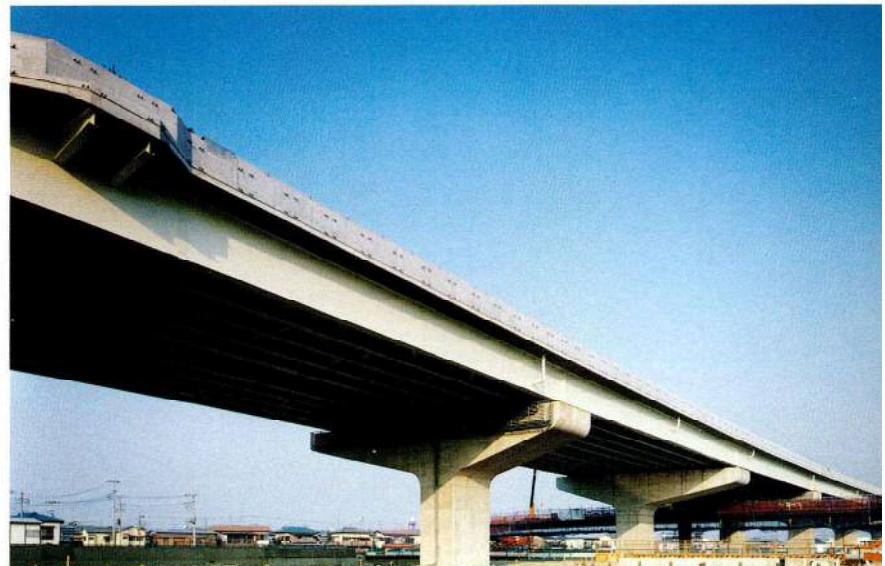


鰐川橋（山形新幹線）

発注者 東日本旅客鉄道東北工事事務所  
型式 上路プレートガーダー 5連  
橋長 99.26m (19.1×5)  
桁間隔 1.80m  
鋼重 100t  
路線 山形新幹線  
所在地 山形県山形市（蔵王～山形間）  
竣工 平成2年  
説明文 P 84

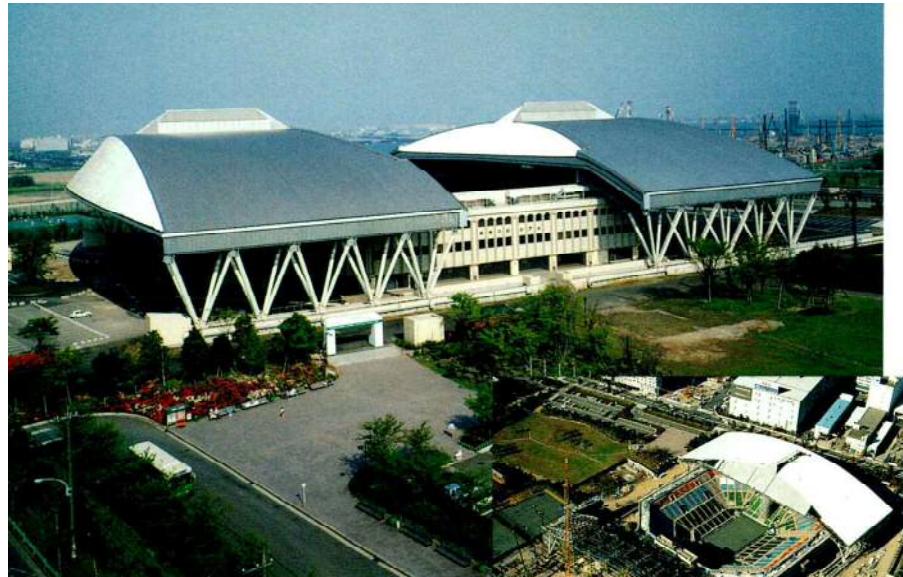
#### 綾瀬川専用部

発注者 関東地方建設局  
型式 3径間連続鋼桁  
橋長 147m (45.0+57.0+45.0)  
幅員 11.5m  
鋼重 850t  
路線 国道289号線  
所在地 埼玉県草加市  
竣工 平成3年  
説明文 P 84



言問橋浮橋

発注先 東京都  
型式 鋼床版箱桁、鋼床版鋼桁 2連  
橋長 43.5m (4.0、35.0、4.0)  
幅員 1m  
鋼重 40t  
所在地 東京都台東区  
竣工 平成3年  
説明文 P 94



### 有明コロシアム

施 主 東京都  
設 計 東京都港湾局  
設計・監理 株建築モード研究所  
発 注 者 竹中・大都・立石共同企業体  
構 造 スパン136mアーチトラスS造  
高 さ 40.1m  
鋼 重 2,900t  
所 在 地 東京都江東区  
竣 工 平成3年  
本文 P71参照

### 日鋼ビル

施 主 株日本製鋼所  
設計・管理 株日本設計  
発 注 者 株フジタ  
構 造 地下2階低層部SRC構造  
地上19階高層部S造  
鋼 重 1,900t  
所 在 地 東京都府中市  
竣 工 平成4年  
施 工 宮地他3社  
説明文 P94



### 下広井ビル

施 主 中部電力(株)  
設計・監理 中部電力(株)、株山下設計  
発 注 者 中部電力(株)  
構 造 地下5階、地上12階SRC構造  
鋼 重 6,000t  
所 在 地 名古屋市中村区  
竣 工 平成5年  
説明文 P94



## 三菱銀行情報センター新築工事

施 主 株三菱銀行  
設計・監理 三菱地所株  
発注者 竹中・戸田・東急・小田急共同企業体  
構 造 地下2階、地上6階、PH1階  
SRC構造およびS造  
鋼 重 10,000 t  
所 在 地 東京都八王子市  
竣 工 平成4年  
施 工 宮地他4社  
説明文 P102



## 練馬北（仮称）郵便局庁舎、郵政宿舎新築工事

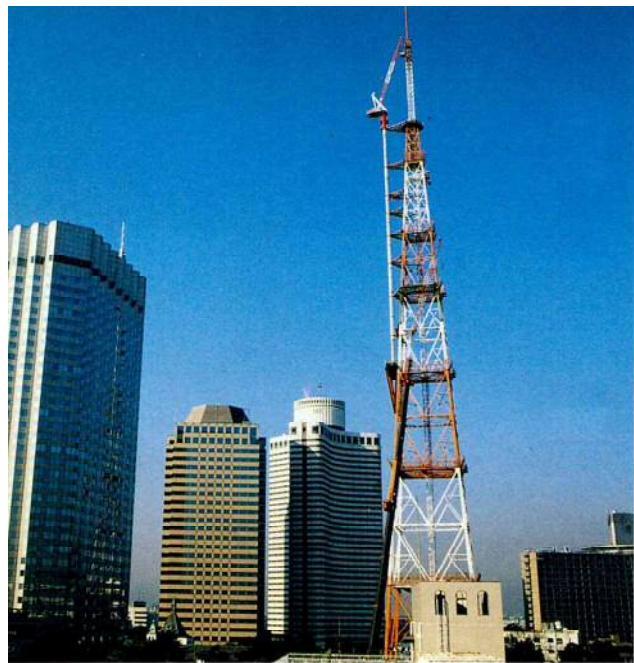
施 主 郵政省東京郵政局  
設計・監理 郵政省東京郵政局  
発注者 飛島・間・三菱共同企業体  
構 造 地下1階、地上12階SRC構造  
鋼 重 1,300 t  
所 在 地 東京都練馬区  
竣 工 平成3年  
説明文 P102



## 大津通電気ビル

施 主 電気ビル(株)  
設計・監理 電気ビル(株)、三菱地所株  
発注社 電気ビル(株)  
構 造 地下4階SRC構造  
地上11階S造  
鋼 重 2,900 t  
所 在 地 名古屋市中区  
竣 工 平成4年  
施 工 宮地他1社  
説明文 P107



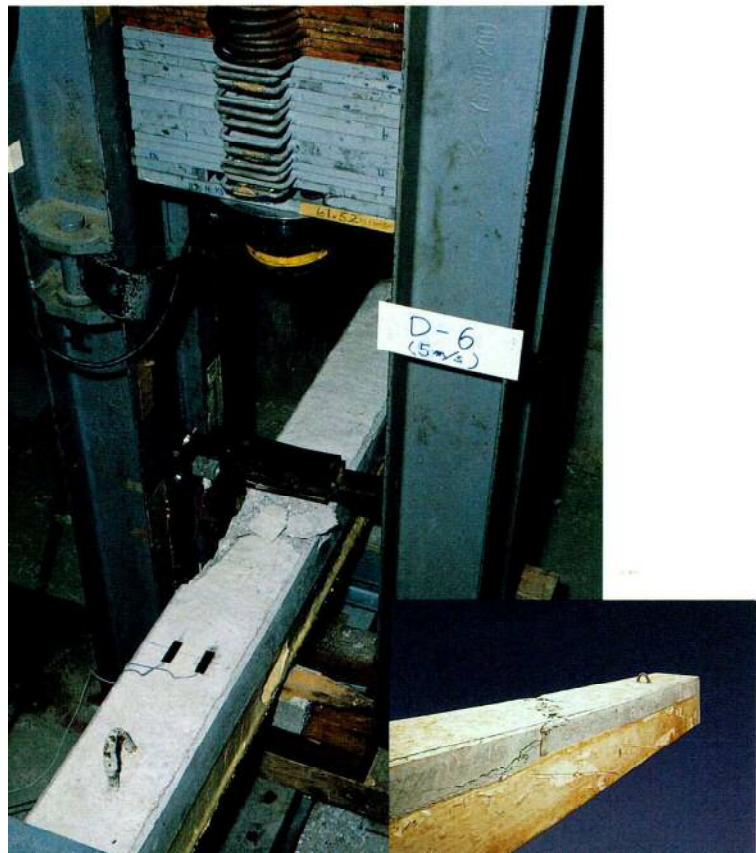


千代田テレビ放送所鉄塔

施主　日本放送協会  
構造　自立式鉄塔  
高さ　177.9m (アンテナ含む)  
鋼重　380t  
所在地　東京都千代田区  
竣工　平成3年  
本文　P 79参照

宇都宮D T F通信塔

施主　第一生命(株)、東電不動産(株)  
設計　東電設計(株)  
構造　内塔 3.0m $\phi$ シリンドー鉄塔  
外塔 ワーレントラス形鉄塔  
高さ　69.7m  
鋼重　120t  
所在地　栃木県宇都宮市  
竣工　平成3年  
本文　P 90参照



硬質ウレタンを充填した鋼・コンクリート合成梁に対する実験状況（防衛大学校振動破壊実験室、当社実験工場）

本文　P 3 参照

## 卷頭言

### 都市の過密化と建築鉄骨

京都大学教授 金多 潔

現在、日本では東京への一極集中が問題視されている。政府機関の中枢部が都心部に存在し、企業の本部機構がその周辺を取り巻いて、そこに膨大な新情報が飛び交っている。国家権力の中心地へ人が集まるのは江戸時代から顕著であったが、この傾向はその後も間断なく続いている。

東京での生活は便利で、刺戟的で、すこぶる活気のあるものとして限りなく魅力を感じる若者が多く、全国の学校から毎年沢山の若人が巣立って行くが、その半数近くが東京圏に職を求め、東京一極集中化に更に拍車をかけている。人口の過密化が起り、それに伴っていろいろな社会問題も枚挙にいとまがない程山積している。

東京の都心部では高層ビルが林立し、盛り場は昼夜活況を呈しているが、反面、街には緑が少くてアスファルト・ジャングルの様相を見せている所が多い。地価が高騰し、住宅地は遠く離れているため、朝夕の通勤時間帯の超満員電車は恒常化しており、道路は自動車で溢れている。大気が汚染され、日照りが続くと水不足に悩まされる。ゴミ処理の問題や駅前の自転車の無秩序な駐車の現状をどうするかといった問題も深刻である。

最近の調査によると、人々の住み易さ、暮らし易さを示す幾つかの指標をもとに、わが国の各府県毎の生活状況を比較した結果、山梨県、富山県、福井県など、今までむしろ過疎化しつつあると見られていた方が、暮らし易い府県の上位を占め、東京都、神奈川県、大阪府などが最低のランクに属していることが明らかになった。この調査結果は、大都市における人口集中が決して人々の暮らし易さを保証するものではないことを物語っており、この結果からも東京一極集中が望ましいものでないとする結論が導かれている。

東京の行政機関を遠くの別の場所へ移転させたらというアイディアも過去に何度も出され、建設省の土木研究所、建築研究所や筑波大学（旧東京教育大学）が疎開したが、以来、今日まで後続の公的機関がない状態である。遷都論も幾つかあって、折々アドバルーンが上るもの一向に実現性のある青写真は見えてこない。

このままでは、近い将来に向けての対応策を求めるならば、筆者は都市の高層化が一つの有力な手段になると思っている。都市のインフラストラクチャの整備充実を図ることは当然であり、今後、東京をはじめとする大都市での広域的再開発に際して道路網を整備し、緑の多い公開空地を確保することによって健康的な街づくりが進められなければならないが、それに伴なって現行の総合設計制度に基づいた高層建築物を建設することが必要である。これらの建物の中にオフィスがあり、住宅があり、ショッピング施設や文化施設があって、住民の日常生活がその場で快適になれるようにしなければならない。朝夕の遠距離通勤とは無縁な人達を増やすことが望ましいのである。

最近、超超高層都市ということが論じられるようになった。超超高層の建物をわが国で建設することの可能性については、既に2~3年前から大手建設会社が数社、その提案を行っている。筆者も1年近く前に新聞社のインタビューに答えて、その実現性について述べたことがある。現在の建築技術を総合し、今日入手し得る建築材料を使用するとして、各社の提案では地上800mないし1,000mの高層ビルは実現可能であり、近い将来、強靭な構造材料が開発されれば地上高さ4,000mの超超高層建築物も夢ではないといわれている。

今後は、もし建築物の高層化が段階的に進むものとすれば、まず直接にかかわるのが建築鉄骨であり、建物の超超高層化の進展に伴なって部材断面の増大、すなわち鋼材の板厚のアップにつながるものと見られる。よって、これらの極厚材の接合を如何にするかが極めて重要な課題となろう。溶接材料、溶接装置の改良も必要であろうし、溶接条件等も一段と厳しく吟味されなければならないが、そのためには更なる技術革新が強く要望される。超厚板の溶接技術の開発と普及こそ鉄骨加工業界におけるこれから最大の課題の一つであろう。

## 技術評論

宮地建設工業株式会社 専務取締役 戸田敏朗

好論文集である宮地技報の技術評論をという編集者の方の御依頼は、比較的雑学の感ある私にとってはいささか荷の重い話でありましたがお引受けすることに致しました。

テーマとしては、近年、建設業界において各分野の関係者の方々が一生懸命に努力されている建設工事の機械化・自動化について、私の拙い経験を通して若干の所見を述べさせて頂くことに致しました。これから申し上げることは、恐らくは識者の方々の既に十分に留意されていることと、今さらという気もしますが、御容赦願えれば幸です。

建設工事の機械化・自動化は、背景としてある作業員の高齢化対策、若年層の建設業離れによる人手不足の解消および3Kと称せられる比較的劣悪な作業環境における労働条件の改善と安全作業の確保等の極めて多様な社会的要請に対応して、いわば宿命的にその改善・向上が要求されているものであります。

橋梁業界でも労働集約的な要素が強い製作段階において、組立・溶接の熟練作業員の慢性的な不足状況の解消や、コストの大幅削減・加工精度の向上等を目指して、全体の製作ラインを見直しながらFA化が精力的に進められていることは皆様も御承知のことと思います。詳細は避けますが、合理化の傾向としては、原寸一切断孔明までの溶接前工程はNC化、CAD・CAM化が促進され組立・溶接工程においては自動組立や各溶接部材に最適な自動溶接・溶接ロボット化が考えられています。

さて、話が余談に入った感じが致しますので本筋に戻しますが、このように橋梁業界はもとより建設業界全体に亘って着々と機械化・自動化がすすめられていますが、これらの実行に当っては次のような点を絶えず留意する必要があるのではないかと思います。

(1)作業環境を十分に認知しながら、自律的に作業できる高度で知能的な次世代ロボットの開発がまだまだの現状においては、ただやみくもに機械化・自動化をすすめるのではなく、機械ができる作業と人間による作業の特性と守備範囲を良く理解しながら、適確な区分による分業と両者の協業体制を構築する必要があります。

人間は機械にない高度の状況対応力を備えており、又、機械に比べてはるかに精緻で複雑な作業をすることがで

きますが、機械のように永づきせず、また、出来形も安定しておりません。それに対して機械は動線が単純ながら力強い作業得意とし、長時間の繰り返し作業が可能であります。さらには危険な場所や高温・高湿・水中・圧気のような厳しい作業環境でもへこたれることはあります。機械化・自動化に当ってはこのような両者の特徴を良く勘案しながら、ほどのよい協業体制をつくる必要があります。やみくもに高い費用をかけて複雑な機械を作っても、人間による作業に比較してコスト的に割高になったり、また、その複雑の故に御守りをする人間を必要とするとか操作が難しくて中高年齢者、短期経験者では扱えないと言うことになれば、何の為の機械化か分らなくなることになります。

(2)次に、前項とも関連しますが、両者の協業関係で、もう少し機械が働き易いように、人間の方から機械の方に歩みよる姿勢が必要ではなかろうかということになります。抽象的で分り難い説明で恐縮ですが、橋梁で例をあげると次のようなことがあります。橋梁の設計は、御存知のように、詳細に至れば本体構造物、附属物を問わず発注先が変われば千差万別であり、あと工程である製作の煩しさは考えずに、1屯でも少なくというのが実態であり、必要以上に複雑になっています。ひと頃、標準設計をという動きが研究機関等であったようですが、それも途絶えている様です。そろそろこの辺で少くとも鉄桁・箱桁等の基本的形式について本体構造物は勿論、附属物についても、機械化・自動化による製作が少しでも容易な様に、こればかりは完全に人間の守備範囲である設計の標準化・集約化・ブロック化を精力的にすすめることが肝要ではないかということであります。集約化・ブロック化ということになれば、架設についても、CADを利用した架設計画業務の効率化が促進され、また、適切な器具・治具の考案により施工管理がより合理化されるであろうことは容易に想像されるところであります。恐らく設計から現場までのトータルコストについても、その効果は大きくなると思われます。

まだまだ申し上げたいことは沢山ありますが、紙面の関係で筆を擱きます。皆様の益々の御活躍をお祈り致します。

# ウレタン充填鋼・コンクリート合成構造の基本性状実験

## Experiment on Basic Properties of Steel/Concrete Composite Structures filled with Hard Urethane

太田 貞次\* 高橋 秀幸\*\* 吉川 薫\*\*\*  
*Teiji OHTA Hideyuki TAKAHASHI Kaoru YOSHIKAWA*

### Summary

A high molecular compound, hard urethane has characteristics such as the ability to absorb kinetic energy, excellent field workability, and good adhesion to steel, concrete and other materials. It is therefore expected to find applications in on-site repairs and where impact or vibration is a problem.

This report presents the results of various experiments conducted on composite girders made of steel, concrete, and hard urethane which were created in order to obtain the basic data prerequisite to using urethane in diverse structures.

### 1. まえがき

材料分野における最近の新素材・新材料開発の動向には目を見張るものがあり、工学の様々な分野で、これら新材料を用いた新技術の開発に力を傾注している。土木の分野でも、土・鋼・コンクリートといった既存の材料以外で土木構造物に効果的に使用し得る材料、あるいはそれを用いた構造物の開発に対する研究が進められているが、新材料をうまく適用しても付加価値を高めにくいとの土木構造物の性質上、高価な材料を多量に使うことが困難であり、他の分野と比較すると新材料を使いこなせていないのが実情である。

土木の分野で比較的利用されている材料の1つに発泡スチロールがあり、適度な強度を持ち軽量で衝撃吸収性の良好な材料として盛土材料、ロックシェッド等に使用されている。

著者等は発泡スチロール同様高分子材料であるウレタンに着目し、その土木構造物への適用を試みた。ウレタンは、比重・気泡状況により様々な堅さ・性状を示すがここでは比重0.03程度の独立気泡性硬質ウレタンを採用了。この硬質ウレタンの特徴は軽く、かつ施工性に優れているのみならず、ある程度の強度(2~3 kgf/cm<sup>2</sup>)を有し、鉄やコンクリートと密着するという性質をもっており、土木材料として使用する際有効な新材料であると考えられる。

この様に有利な特徴をもつ硬質ウレタンではあるが、これまで土木構造物に用いた例は見られず、今後硬質ウレタンを使用するにあたり、この種の構造の静力学的挙動、破壊性状、耐久性、振動特性等を把握することが必要である。

ここでは、鋼・硬質ウレタン・コンクリートの三者一体となる梁試験体を用いて静的載荷実験、疲労実験、振動実験を行い、鋼・硬質ウレタン・コンクリート合成構造の基本的性能を調べた。

### 2. 硬質ウレタンの特性

本実験では、強度や伸び追随性など土木構造物に用いるに際し最も適当であると思われる比重0.03程度の独立気泡性硬質ウレタンを使用している。この硬質ウレタンは透水性がほとんどなく水や空気を浸透させない特徴をもっており、また、軽量であるにも係わらずかなりの強度を有している。比重0.03の硬質ウレタンの特性値を表-1に示す。

硬質ウレタンの施工にはスプレーを使用した吹き付けによる方法とビニールパイプを用いた注入による方法の2種類があり、現場施工には前者が便利であると思われるが、本実験では梁試験体の施工性や、鋼・硬質ウレタン・コンクリートの三者一体構造製作のため後者を採用了(3. 参照)。

\* 技術本部技術開発部技術開発課課長代理

\*\*\* 松本工場生産設計部生産設計課

\*\* 千葉工場製造部生産技術課

表-1 発泡性硬質ウレタン特性値（比重 0.03）

項目	単位	測定方向	
		層方向	層直角方向
圧縮強度	kgf/cm <sup>2</sup>	2.2	1.0
引張強度	kgf/cm <sup>2</sup>	3.2	2.0
剪断強度	kgf/cm <sup>2</sup>	1.5	1.4
初期ヤング率	kgf/cm <sup>2</sup>	56.0	26.0
吸水率(1 day)	%	1.8	

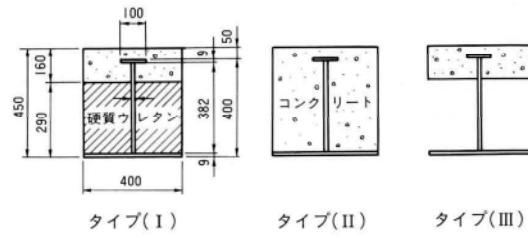


図-1 試験体形状図

硬質ウレタンは2種類の原液、すなわちT液（ポリメチレン・ポリフェニル・イソシアネート、変性剤）と、R液（ポリエーテル・ポリオール、触媒、界面活性剤、発泡剤）とを接触させることにより生成する。発泡時間は触媒により調整するが非常に短い時間で硬化が可能であり、このことからも現場施工性に優れていることがわかる。

### 3. 梁試験体の製作

実験は鋼・硬質ウレタン・コンクリート合成梁試験体を用いて行った。梁試験体は、底部鋼板（以下底板と呼ぶ）・Tリブからなる鋼桁（SS400規格品）と、その圧縮領域にTリブ上フランジを囲むように設けたコンクリート断面（早強コンクリート、標準養生7日強度=323kgf/cm<sup>2</sup>、28日強度=370kgf/cm<sup>2</sup>）と、コンクリートと底板との間に充填された硬質ウレタンとで構成される（図-1、タイプ（I））。なお、比較のためにそれぞれ硬質ウレタン部分にコンクリートを打設したもの、空洞にしたもの計2タイプを製作した（図-1、タイプ（II）・（III））。

鋼とコンクリート間の合成はTリブの腹板部に150mmピッチで19φの孔をあけD16の異形鉄筋（SD30規格品）を通して、この異形鉄筋のせん断抵抗と鋼とコンクリートの接触面における付着抵抗とにより両者の一体化を計った。また、コンクリート打設後にウレタン充填を行うため、硬質ウレタンが鋼とコンクリートの双方に完全に密着し、鋼・硬質ウレタン・コンクリート三者一体の合成構造が形成される。

なお、試験体は各3体ずつ製作し、2体は静的に破壊し残りの1体は疲労実験後静的に破壊する。また、各1体に対し振動実験を行う。

### 4. 静的載荷実験

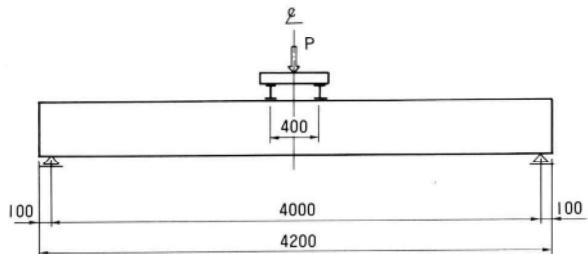


図-2 実験方法

#### (1) 実験方法

タイプ（I）～（III）の3種類について各2体ずつ、支点間隔4.0mでセットし中央2点載荷で終局状態まで荷重を加えた（図-2）。荷重の管理は、荷重載荷位置にセットしたロードセルで行った。測定項目は支間中央のたわみと支間中央および $\frac{1}{4}$ 点における断面内のひずみとし、たわみについては支間中央底板の左右両端にセットした変位計により測定する。ひずみに対しては、各断面位置毎に、コンクリート上面、Tリブ上フランジ上面、ウェブ $\frac{1}{3}$ 点計2ヶ所、底板下面（中央と両端計3ヶ所）の7ヶ所にひずみゲージを貼り計測している。

#### (2) 実験結果

3種類の試験体に対し、終局状態まで静的に載荷した結果について、硬質ウレタンの効果に着目して述べる。

##### 1) 荷重増加に伴うたわみ・断面内ひずみの比較

タイプ（I）～（III）の3種類の試験体に対し静的載荷実験をして得られた結果のうち、荷重増加に伴う支間中央のたわみ、コンクリート上面と底板下面のひずみを図-3に示す。

支間中央たわみのグラフから次のことがわかる。すなわち、たわみ曲線形状・終局荷重ともタイプ（I）とタイプ（III）はほとんど変わらず、硬質ウレタンが静的載荷に対しては断面の曲げ剛性に寄与しない。それに対し、

コンクリートを断面の引張域にも充填したタイプ(II)ではタイプ(I)と比較して初期曲げ剛性が大きく、終局荷重も1割程度大きい。しかし、タイプ(I)では塑性域までたわみ曲線がスムーズに移行するのに対し、タイプ(II)では引張域コンクリートにクラックが入る時点で曲線が折れてしまう。

硬質ウレタンの特徴はコンクリート上面ひずみのグラフに現われている。鋼やコンクリートと比較して極めて小さなヤング係数を持つ硬質ウレタンを充填したタイプ(I)のひずみが弹性域においてタイプ(II)に近い値となっており、タイプ(III)のひずみの6~7割程度を推移している。また、底板下面ひずみのグラフから、20

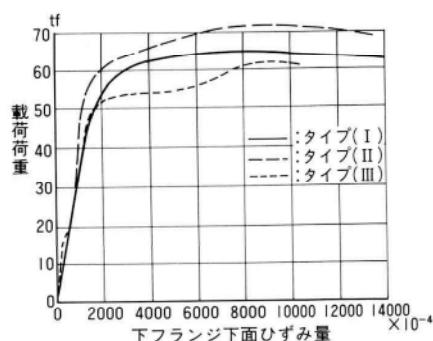
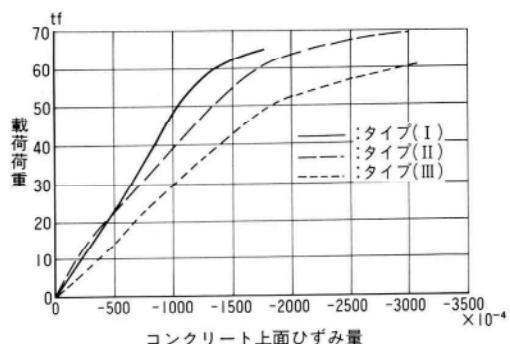
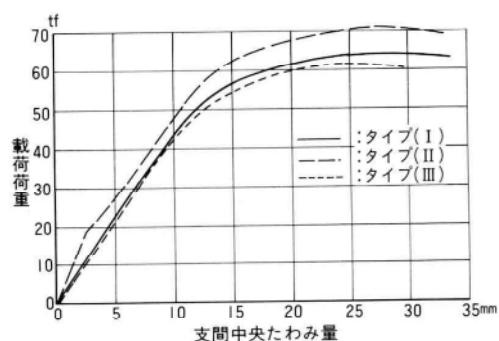


図-3 荷重増加に伴う変形・ひずみの比較

tf未満の荷重範囲では、タイプ(III)のひずみが他のタイプと比較して小さいことがわかる。これらのことから、タイプ(III)では必ずしも鋼とコンクリートが一体となって抵抗していないのに対し、硬質ウレタンを充填することにより鋼とコンクリート間の合成が強化されていることがわかる。

## 2) 荷重増加に伴う断面内ひずみの進展と終局耐力

タイプ(I)~(III)の各試験体について、載荷荷重の増加に伴う支間中央断面ひずみの進展状況を図-4に示す。ひずみ測定点はコンクリート上面、Tリブ上フランジ上面、ウェブ下点2ヶ所、底板下面であり、荷重増加10tf毎に示した。以下において、各タイプ別に説明する。

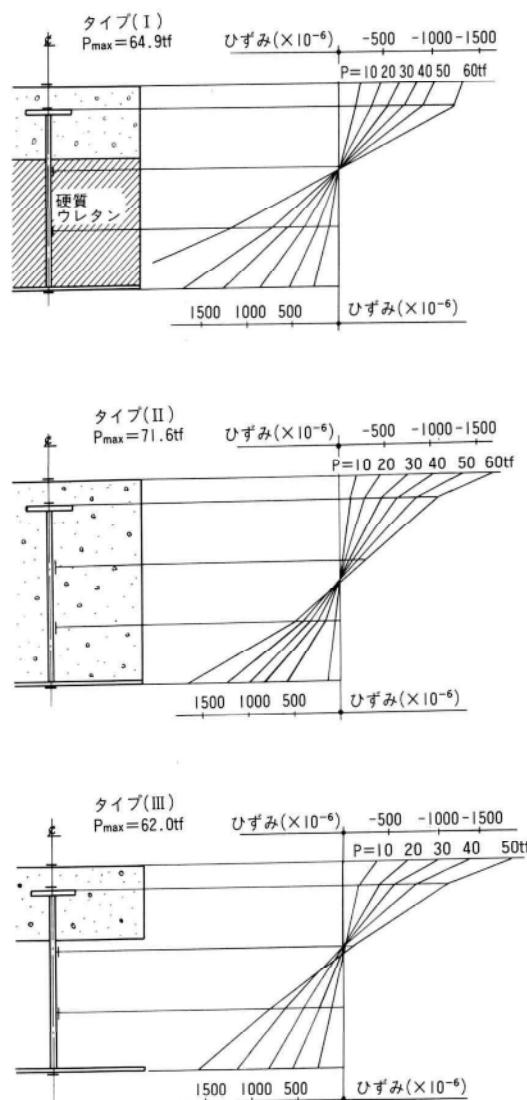


図-4 支間中央断面ひずみ分布

硬質ウレタンを充填したタイプ(Ⅰ)では30tf前後までは断面が平面を保持するひずみ状態を保つが、37tfで底板が降伏応力に達すると、鋼桁部分のひずみがコンクリート部分のひずみに先行して大きく増大するようになる。更に荷重が増すと、硬質ウレタンが鋼桁の伸びに追随できず内部に亀裂を発生し、最大荷重64.9tfでコンクリート上面から内面にかけて激しく圧壊し、支持力を喪失する。なお、コンクリートと鋼桁との付着は終局状態まで切れず、一体となって荷重に抵抗している。終局状態を写真-1に示す。

コンクリートを完全に充填したタイプ(Ⅱ)では、18tfまでは断面が平面を保持するひずみ状態であるが18tfのときに荷重載荷点付近に底板位置から鉛直上方にクラックが発生する。20tfまで荷重を上げると、このクラックが上方に進展するとともに他に3ヶ所でクラックが発生し、それに伴い下フランジのひずみが急激に増加する。この段階で断面は平面を保たず、更に荷重を増加すると鉛直クラックが断面の圧縮域まで進展し、コンクリート上面底板下面のひずみが特に大きく増加する中で、最大荷重71.6tfでコンクリート上面が圧壊する。タイプ(Ⅱ)の終局状態を写真-2に示す。

断面引張域を空洞としたタイプ(Ⅲ)では、載荷荷重10tfで既にコンクリート上面のひずみ増加の割合が鋼桁部分より大きくなり、断面は平面を保たない。その後、載荷荷重53tf前後で底板が急速に伸びはじめ、全体のたわみ量も急激に増大する。更に荷重を増すと降伏域の拡大に伴って底板が面外に大きく変形しつつ、コンクリート上面が圧壊する。終局状態を写真-3に示す。

### (3) 実験結果に対する考察

硬質ウレタンは初期ヤング係数が $26\text{kgf/cm}^2$ 程度と鋼やコンクリートに比較して極めて小さい材料である。そのため、硬質ウレタンが充填されていても空洞であっても、梁の曲げ剛性や終局荷重は変わらない。しかし、断面内のひずみ分布を見ると、空洞部を持つ試験体ではコンクリート部分と鋼桁部分が必ずしも一体となって抵抗しているとは言えないのに対して、硬質ウレタンを充填することにより両者結合が強まり、一体となって荷重に抵抗するようになる。

コンクリートを完全に充填した試験体では、初期曲げ剛性・終局荷重とも他の試験体より大きいが、荷重載荷の早い段階でクラックが発生し、それに伴い梁の剛性が急に低下する弱点を有しており、何らかの原因で設計条

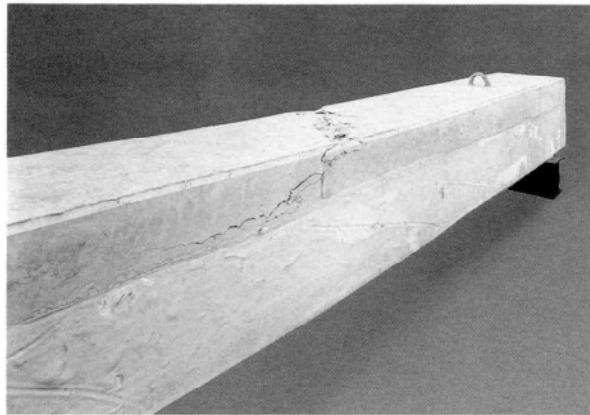


写真-1 終局状態(タイプ(Ⅰ))

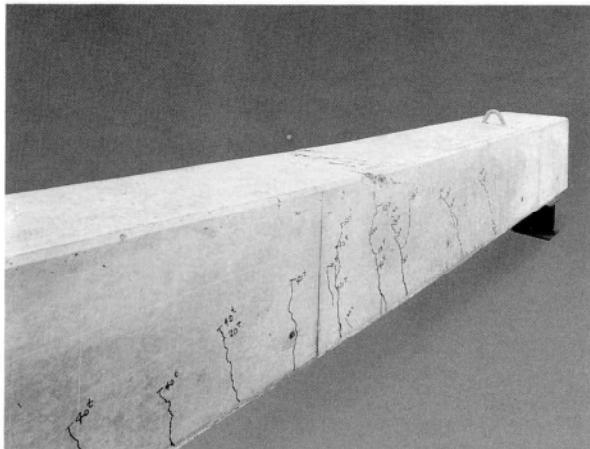


写真-2 終局状態(タイプ(Ⅱ))

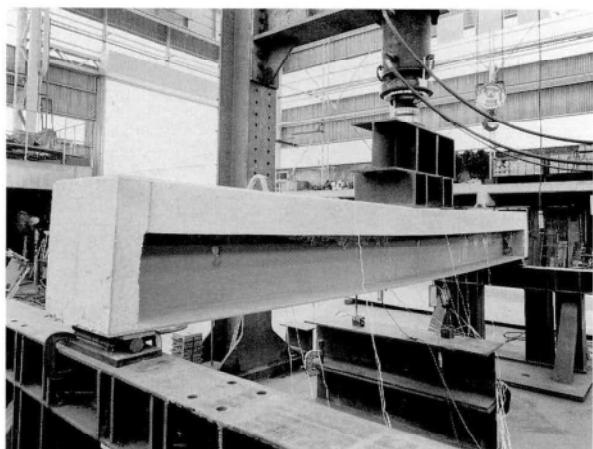


写真-3 終局状態(タイプ(Ⅲ))

件を上回る荷重が作用する場合には余剰耐力の小さい構造である。

## 5. 疲労実験

### (1) 実験方法

タイプ(Ⅰ)～(Ⅲ)の試験体各1体に対して中央2点載荷で毎分250回の繰り返し荷重を加えて疲労性状を求めるとともに、疲労実験後静的載荷実験を行い疲労実験前後の梁の強度・性状の変化を調べた。繰り返し回数ならびに最大・最小荷重強度、そのときの支間中央コンクリート上面と底板の応力度の最大・最小値を表-2に示す。なお、タイプ(Ⅰ)では通常の2倍の繰り返し回数とし、厳しい条件下で疲労性状を調べた。

最大・最小荷重の設定については、タイプ(Ⅰ)に対して底板の最大応力度 $\alpha_{max}=1400\text{kgf/cm}^2$ 、最小応力度 $\alpha_{min}=400\text{kgf/cm}^2$ とした。しかし、タイプ(Ⅱ)・タイプ(Ⅲ)については同条件を適用できず、タイプ(Ⅰ)とコンクリート上面の応力度を揃える形で決定した。

### (2) 実験結果および考察

#### 1) 疲労実験時の外観変化

タイプ(Ⅰ)では疲労実験で目安としている200万回に対し、2倍の400万回の荷重載荷を行ったが、載荷前後で外観的には全く変化が見られなかった。それに対してタイプ(Ⅱ)では荷重載荷直後に荷重載荷点付近の底板位置4ヶ所で鉛直上方にクラックが発生し、回数の増加に伴って圧縮域まで進展した。また、タイプ(Ⅲ)ではコンクリート部分は合成断面中立軸より上にあるにも係わらず3ヶ所でコンクリート下面より鉛直方向にクラックが発生した。

#### 2) 疲労実験後梁試験体に対する静的載荷実験

疲労実験に使用した梁試験体に対して、静的載荷実験した結果を図-5に示す。荷重一寸間中央のたわみ曲線より、コンクリート充填タイプ(Ⅱ)とウレタン充填タ

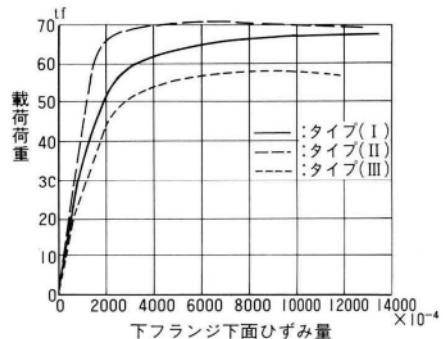
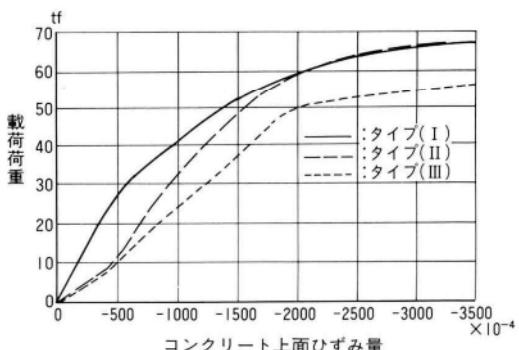
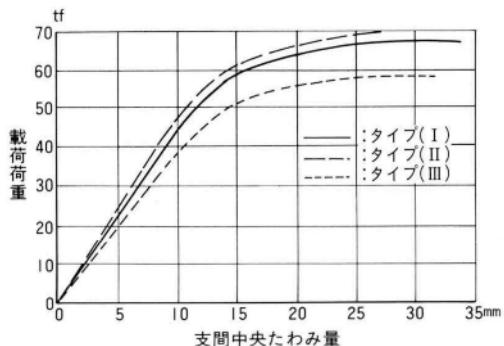


図-5 荷重増加に伴う変形・ひずみの比較  
(疲労実験後)

表-2 疲労実験実施要領

試験体種類	繰り返し回数 (万回)	載荷荷重 (tonf)		コンクリート上面応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		底板下面応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	
		最大	最小	最大	最小	最大	最小
タイプ(Ⅰ)	400	23.2	6.2	110	33	1 400	400
タイプ(Ⅱ)	200	20.4	5.0	110	40	1 000	330
タイプ(Ⅲ)	200	17.5	5.7	110	40	910	200

イプ（I）とは初期曲げ剛性と終局荷重のどちらに対しても有意差がないが、空洞部を持つタイプ（III）は前2者と比較して荷重増加に伴うわみの増加が大きく、終局荷重も1～2割程度小さくなることがわかる。これはタイプ（II）・（III）では繰り返し回数の増加に伴い鋼とコンクリート間の付着が切れ、疲労実験前と比較して梁の曲げ剛性が低下するのに対し、タイプ（I）では付着が切れず、疲労荷重載荷により梁の性状に変化を生じなかったためと思われる。

次に、荷重の増加に伴うコンクリート上面のひずみの変化を見ると、初期の荷重増に対するタイプ（II）のひずみが大きくなっている。これは、疲労実験中に断面の引張域のコンクリートと鋼桁との付着が切れ、空洞部を持つタイプ（III）と同様な抵抗のメカニズムとなることによるものと考えられる。

荷重一底板下面ひずみ曲線において、タイプ（II）の荷重増加に伴うひずみの増大が他の2タイプと比較して小さいのは、支間中央ひずみゲージ位置でクラックの発生や底板・腹板とコンクリートとの付着切れが起らなかつたためであり、クラックが発生した断面付近では底板下面のひずみ増加はより大きなものとなろう。

支間中央断面のひずみ分布を図-6に示す。特にタイプ（III）において疲労実験の影響が顕著であり、コンクリート上面・底板下面のひずみとも他の2タイプと比べて荷重増加に伴うひずみが大きくなっている様子が見られる。これは、荷重載荷以前に鋼とコンクリート間の付着が切れて、コンクリート部分と鋼桁部分が独立して荷重に抵抗するメカニズムに移行しているためと思われる。そのため、コンクリート部分に鉛直クラックの発生が見られる。それに対し、タイプ（I）では疲労実験後の静的載荷実験においても終局状態までクラックは発生せず、鋼とコンクリート間の付着が保たれることがわかる。タイプ（II）で疲労実験後も断面ひずみ増加量が変わらないように見えるのは、タイプ（II）試験体が疲労実験前後でその性状に変化が生じないというよりは、むしろこの断面前後に弱い部分があり、そこで鋼とコンクリート間の付着切れが起り、この断面では変化を生じなかつたと言うべきであろう。

### (3) 各タイプ別の疲労性状の比較

本実験では、鋼・コンクリート間の合成は腹板に孔を開けて貫通させた鉄筋のせん断抵抗と、両者間の付着抵抗とで保っている。この結合状態の変化がポイントとな

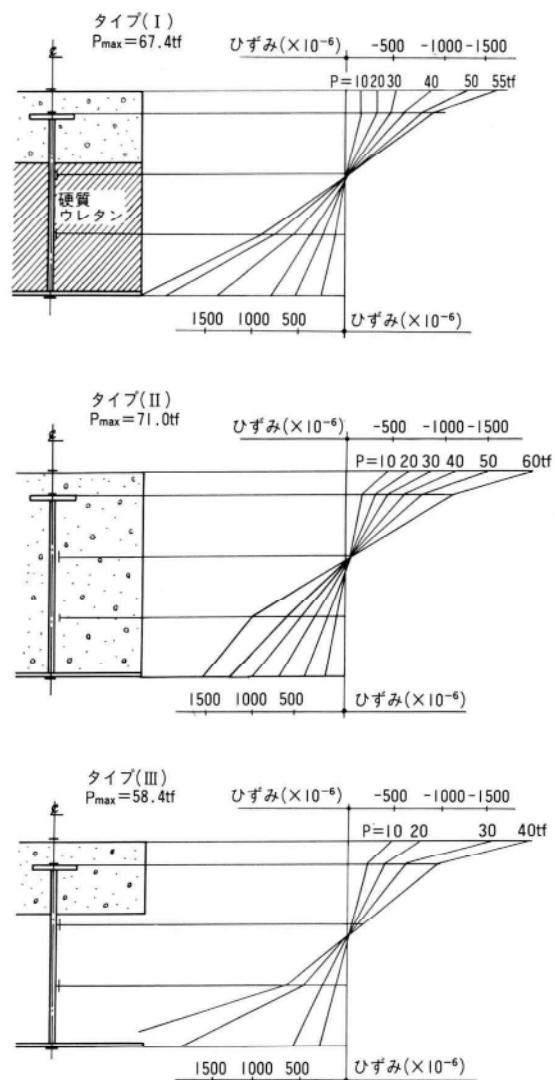


図-6 支間中央断面ひずみ分布（疲労実験後）

るが、硬質ウレタンを充填したタイプ（I）試験体ではコンクリート上面の応力差 $77\text{kgf/cm}^2$ 、底板下面の応力差 $1000\text{kgf/cm}^2$ と厳しい荷重条件で400万回載荷したにも係わらず合成が保たれた。それに対し、断面の引張域にコンクリートを充填したタイプ（II）における一部付着切れは予想されたが、引張域を空洞にしたタイプ（III）で付着が切れたことは、硬質ウレタンの効果をはっきりと示すものである。

## 6. 振動実験

### (1) 実験方法

タイプ(Ⅰ)～(Ⅲ)の3種類の試験体から各1体ずつ選び、支点間隔4.0mでセットした後、インパルスハンマーで支間中央を打撃して自由振動を生じさせる。データは支間中央、 $\frac{1}{3}$ 点、 $\frac{1}{6}$ 点の底板下面3ヶ所に取り付けた小型加速度計(圧電型)、振動計を通して振動加速度の形でデータレコーダに収録した後、FFTアナライザにより周波数分析を行った。

## (2) 実験結果

各試験体毎にデータレコーダ収録データをFFT解析し、卓越固有振動数( $n$ )および対数減衰率( $\lambda$ )が表-3のように得られた。また、フィルターを通して得られる卓越周波数成分の支間中央における振動加速度波形を図-7に示す。

固有振動数の比較では、タイプ(Ⅰ)・(Ⅲ)がほとんど同じ値であるのに対し、タイプ(Ⅱ)では少し小さな値となっている。このことから、硬質ウレタンを充填したタイプ(Ⅰ)と空洞部を持つタイプ(Ⅲ)の曲げ剛性がほぼ等しく、硬質ウレタンが梁の剛性には寄与していないと言える。それに対し、対数減衰率の比較ではコンクリートを充填したタイプ(Ⅱ)が空洞を持つタイプ(Ⅲ)より少し減衰が大きくなる程度なのに対し、硬質ウレタンを充填したタイプ(Ⅰ)では2倍以上の値になっている。

硬質ウレタンの充填が振動性状に及ぼす効果は、振動加速度波形を描いた図-7に鮮明に現れる。タイプ(Ⅱ)・(Ⅲ)試験体がともに乱れのない波形で減衰するのに対し、鋼やコンクリートと比較すると非常に小さいヤング係数である硬質ウレタンを充填したタイプ(Ⅰ)では波形が乱れながら急速に減衰している。これは固い材料にはさまれたウレタンが両者の振動を干渉するような働きをしていることによるためと思われる。

## (3) 実験結果に対する考察

硬質ウレタンを鋼とコンクリート間に充填することにより、コンクリートを充填するあるいは空洞とする試験体に対し2倍以上の対数減衰率となる。また、振動加速度の減衰波形から、硬質ウレタンを使用しない試験体では規則的に減衰するのに対して、これを充填した試験体では乱れを生じながら減衰している。このように大きな減衰効果が得られたのは、①硬質ウレタンを堅い材料間に充填していること、②硬質ウレタンにある程度の硬さと強さがあること、③硬質ウレタンが鋼とコンクリート

表-3 振動実験結果

試験体種類	固有振動数(Hz)	対数減衰率
タイプ(Ⅰ)	35.5	0.101
タイプ(Ⅱ)	32.0	0.049
タイプ(Ⅲ)	35.0	0.044

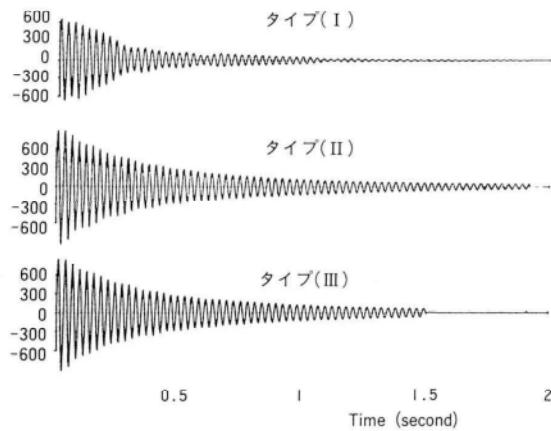


図-7 支間中央振動加速度波形

の双方共に接合されていること、の3つの理由によるものと思われる。

## 7.まとめ

高分子化合物の一種であるウレタンは原材料の密度により多様な性状を示すが、比重0.03程度の独立気泡性硬質ウレタンは土木構造物の一部に使用するのに効果的な以下の性質を持っている。

- ① 軽量であるにも係わらず、比較的大きな強度( $\sigma = 2 \sim 3 \text{ kgf/cm}^2$ )を有する。
- ② 独立気泡性のため透水性がほとんどなく、また、鋼やコンクリートと密着するため、鋼の防錆効果が期待できる。
- ③ 二成分を接触させることにより容易に発泡させることができるために、現場での施工性に優れている。
- ④ エネルギー吸収性に富むため、衝撃や振動が問題となる場合に効果的となる。

これらの特徴を持つ硬質ウレタンを土木構造物に適用するための基礎資料として、鋼・コンクリート・ウレタンを合成させた梁試験体を用いて、静的載荷実験、疲労実験、振動実験を行い、以下の結果が得られた。

- ① 断面引張域のコンクリートをヤング係数の小さい硬質ウレタンに置き換えても静的耐荷力は1割程度の減少にとどまる。また、断面の引張域にコンクリートを使用しないため、クラック発生に伴う急激な剛性低下が起こらず、荷重一変位関係は破壊に到るまでスムーズな曲線を描く。
- ② 硬質ウレタンを用いた試験体では疲労試験前後で外観・強度とも変状は見られないが、他の試験体では外観的にはコンクリートにクラックが発生し、また静的耐荷力は低下する。
- ③ 固有振動数は試験体の種類により差異を示さないが、硬質ウレタンが梁の振動減衰に大きく寄与するため、他の試験体に対して2倍以上の対数減衰率が得られた。以上の実験結果から、ヤング係数の小さい硬質ウレタンを静的耐荷力が問題となる構造物に使用してもあまり有効とはならないが、振動あるいは衝撃が問題となる場合には効果を発揮することが予想される。更に、現場施工の容易さや鋼・コンクリートに対する密着性を併わせ

考えると、非常に有効な土木材料となろう。振動や衝撃が問題となる構造物への硬質ウレタンの適用は、今後の課題である。

本開発研究に際して、山梨大学深沢教授に終始指導いただきました。また、九州大学日野助教授には開発の効用、実験の進め方等多くの助言をいただきました。ウレタンに関する知識の伝授、試験体の製作において、旭ケミテック株式会社山田専務、柏部長ならびに日清紡西新井化成工場化成品部技術課の小川課長には多大の御協力をいただきました。ここに御礼申し上げます。

#### 〈参考文献〉

- 1) 太田、宮坂、岩崎：軽量充てん材を使用した合成型枠橋の開発、宮地技報No.7、1991
- 2) 太田、宮坂、山田、具志：軽量充てん材を使用した合成型枠橋の開発、土木学会第45回年次学術講演会、平成2年9月

1991.12.10受付

### グラビア写真説明

#### 鶴見航路橋

鶴見航路橋は、首都高速道路公団湾岸線四期の中で、超大型工事の一つであり、一面吊り斜張橋梁として、今後おそらく世界最長スパン橋梁に長い間ランクされ続けるだろう。弊社は塔、主桁共製作し、塔はその半分担当している。特に塔横梁部の地組立を弊社工場内で施工。高さ17m、巾47m総重量約2,300tは弊社岸壁で地組立した最大の構造物である。

鶴見航路橋は平成4年1月に横梁架設、側径間大ブロックを4月～5月、塔中部を6月に架設する予定であり、この半年間で、鶴見航路の景観を一変する事になる。最近の景観を重視する設計も、鶴見航路橋設計に反映され、特に塔断面を台形にする事により、細く見える様に配慮した。(若松)

#### 新万代橋

万代橋は、一般国道349号の水戸市内那珂川にかかり、県都の南北横断道としての北玄関口に位置します。那珂川の河川改修工事と併せ、交通混雑緩和とともに、沿道地域の新たな都市整備を目的に現橋の架け替えとなりました。

新万代橋は、現橋の上流約150mに位置し、茨城県初の斜張橋となり、又バルコニーを設置し、景観面での配慮が施されています。これにより地域環境の向上・活性化に役立つ橋となります。(永田)

# 景観を考慮した曲線Y橋脚(東京湾横断道路P7橋脚)の設計と製作

Design and Construction of Attractive Curved Y-Type Bridge Piers  
(P7 pier for Trans-Tokyo Bay Highway)

青木 清\* 小坪 肇\*\* 佐藤 利四郎\*\*\* 土屋 匡寛\*\*\*\*  
Kiyoshi AOKI Tsuyoshi KOAKUTSU Rishirou SATOH Masahiro TSUCHIYA

## Summary

Off-shore steel piers were constructed for the Trans-Tokyo Bay Highway. Various new approaches, such as the adoption of original rectangular shapes, the use of titanium linings, and the application of fluororesin paint to the splash zone to prevent erosion, were taken in order to harmonize the appearance of the piers with the beauty of the Bay. This paper reports on the results of the P7 pier design, manufacture, and testing.

## 1. まえがき

東京湾横断道路は、川崎市と木更津市を結ぶ延長約15.1kmの自動車専用道路であり、平成8年完成を目指して工事が進められている。この内木更津人工島から木更津取付け部までの約4.5km区間が橋梁部であり、P5～P9間の700mが航路区間となっている。表-1に沖合い橋梁部の設計諸元を、図-1に全体一般図及びP7橋脚一般図を示す。

本橋では、①10径間連続構造の採用、②景観に対する配慮、③鋼の防錆、防食対策等様々な新しい試みがなされているが、本稿は、他橋脚の先駆けとなったP7橋脚の設計および製作について脚柱部を中心に報告する。

表-1 東京湾横断道路沖合い部橋梁の設計諸元

1. 路線名	一般国道409号
2. 道路規格	第Ⅰ種第2級 設計速度80km/h
3. 道路幅員	3.5m×4車線(将来構想6車線)
4. 基本線形	平面線形 $R = \infty$ (直線) 縦断線形 4.0%↑、1.0%↑、1.0%↓、4.0%↓ 横断線形 2.0%ハの字
5. 橋の等級	TL-20、TT-43
6. 形式	上部工 10径間連続鋼床版箱桁( $P_3 \sim P_{13}$ ) 下部工 鋼製橋脚 基礎工 $\phi 1600$ 鋼管杭
7. 交通量	供用時 33 000台/日 20年後 64 000台/日

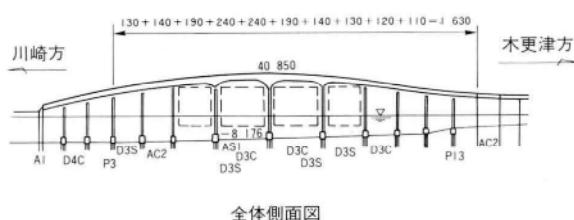
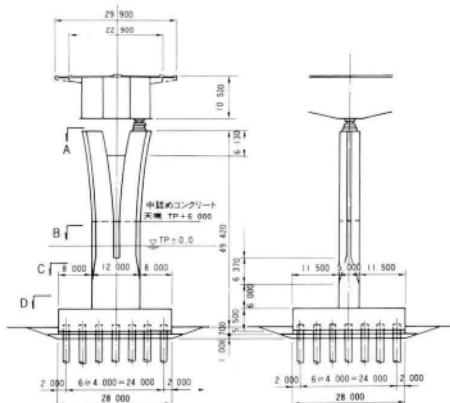


図-1 東京湾横断道路橋一般図



P7橋脚一般図

\* 千葉工場製造部付部長

\*\*\* 千葉工場製造部生産技術課係長

\*\* 千葉工場生産設計部付課長

\*\*\*\* 技術本部設計部設計第1課

本橋脚の構造形式は、幾多の比較検討より関西国際空港連絡橋でも実績のある鋼製水中橋脚が採用された(図-2に鳥瞰図を示す)。鋼製水中橋脚は、フーチングと脚柱とが一体となった鋼製橋脚を製作し、これをあらかじめ海中に打設した杭上に据付け、水中不分離性コンクリートの打設により杭とフーチングを結合した橋脚である。

なお、本橋脚は、東京湾横断道路株式会社より住友建設・浅沼組・佐伯建設共同企業体に発注されたP7～P12橋脚のひとつである。

## 2. 設計

### (1) 上下部工の一體解析

橋脚設計のための構造解析は、図-3に示すような上部工と下部工(橋脚および基礎)を一体とした立体骨組モデルによった。これは縦断勾配・地盤高による橋脚高の違いにより各橋脚の変形性能が異なること、また基礎の変形も異なることから、橋脚の変位・断面力に影響があると考えられたからである。また、橋脚上部は実形状に合わせてY形の骨組みとし、基礎部のバネは道示に準拠してモデル化している。表-2に荷重の種類とその組合せを示す。

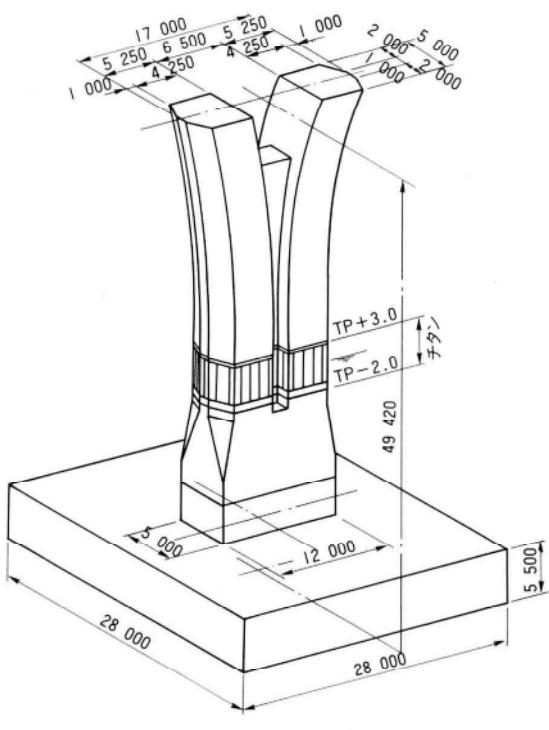


図-2 P7橋脚鳥瞰図

なお、上記は静的解析であり、船舶衝突および大地震に対しては別途解析を行い断面の照査を行っている。

### (2) 脚柱の設計基本方針

本橋脚の基本設計方針を以下に列挙する。

- (a) 脚柱形状は、景観に対する配慮から曲線Y字形とし、脚柱上部から基部へ向い六角形から四角形へと変化させる(脚柱上部の断面寸法は全脚統一し、脚高の違いは曲線の半径Rで処理する)。
- (b) TP + 6.0 mまでは脚柱内にコンクリートを中詰めし、船舶衝突対策および剛性の確保を計る。
- (c) 静的解析における断面設計は、中詰めコンクリート部に対しても鋼断面のみ有効として設計する(但し大地震時にはコンクリートの抵抗も期待する)。

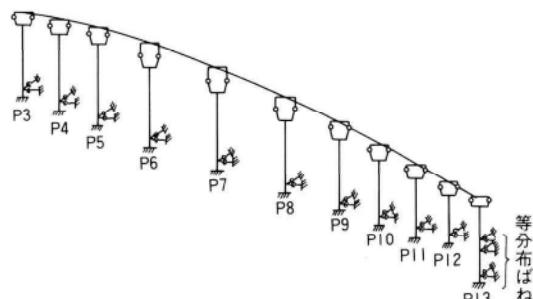


図-3 立体骨組モデル

表-2 荷重の組合せと許容応力度の割増

		荷重の組合せ	割増し係数
平常時	1	D + L + U	1.00
	2	D + L + U + T	1.15
暴風時	3	D + U + W + WP	1.25
	4	D + U + W + WP + T	1.35
地震時	5	D + U + HP + EQ	1.50
船舶衝突	6	D + U + W + WP + CO	1.70

荷重の種類
D : 死荷重
L : 活荷重(TTB基準(案)、TL-20、TT-43)
U : 浮力または揚圧力( $w = 1.03 \text{tf/m}^3$ )
T : 温度変化( $\pm 35^\circ\text{C}$ )
W : 風荷重( $V_{10}$ (基本風速) = 49 m/sec、高さ補正)
WP : 波圧(TTB基準(案))
HP : 動水圧(TTB基準(案))
EQ : 地震(橋軸方向 $K_h = 0.30$ 、橋直方向 $K_h = 0.29$ )
CO : 船舶衝突力

- (d) 中詰めコンクリート部の隔壁板に対しては局部座屈を考慮しない。
- (e) 中詰めコンクリート打止め部は、剛度の急変を避けて隔壁板を2パネル延長した。また、この隔壁板は地震時等の応力集中を緩和させるため、断面計算には考慮せず余力をもたせた。
- (f) 外側板には、ドライアップ時の水圧およびコンクリート打設時の側圧が作用し、板曲げ応力が発生する。この応力は完成後も残留するため断面決定時に考慮する（許容応力度の1割程度とする）。なお、隔壁板は残留応力を考慮せず施工方法で対処する。
- (g) 外側板の継手は工場溶接（完全溶込み）とし、隔壁板と縦リブ（箱内）は工場高力ボルト継手とする。

### (3) 断面構成とブロック割

静的解析による脚柱断面力を図-4に示す。P7橋脚は10径間連続橋の中央部に位置するため、橋軸直角方向の曲げモーメントが卓越している。

図-5、6には断面構成図と脚柱基部近辺の鳥瞰図を示す。また、断面構成に際して留意した点を以下に列記する。

- (a) 最大ブロック重量はクレーンの制約から約100tとし、全体で9ブロックに分割した。

- (b) 板厚の逃げは全外側板とも外逃げとした。
- (c) スプラッシュゾーン（TP+3.0～TP-2.0m）では、チタンクラッド鋼（後述）の接合に支障がないよう断面変化位置を設けなかった。
- (d) フーチングとの境界（脚とフーチングの一体組位置）は、フーチング天端から4mの位置とした。これは脚柱基部の立体FEM解析から、基部第1ダイアフラムを過ぎればshear lagの影響が小さくなることがわかったことによる。また、この区間はフーチング設計で決定された板厚（60kg鋼）を使用するものとした。
- (e) 上部から基部へ向かって断面形状が変化するが、外側板の縦リブは極力連続させるようにした。また、曲線区間では外側板に沿って平行円ですり付けた。

### (4) 脚柱頂部の設計

本脚では、常時鉛直力として1沓当たり約5000tの反力が作用する。この力を円滑に外側板へ伝えるため、支点下は4枚のダイアフラムによる井桁構造とし、さらに井桁中央に小梁を配して反力伝達を補助するものとした。

脚柱天端には、ベースプレート（2.7×2.7m）の他、建て越し用吊金具、輸送用吊金具、及び上部工架設時の水平ジャッキ受け等が必要となる。景観配慮による脚柱形

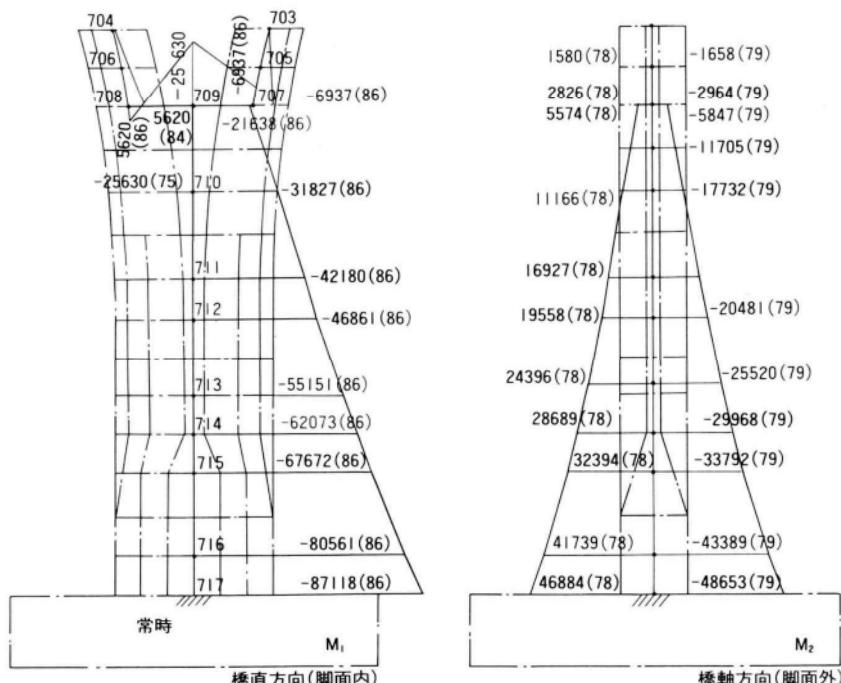


図-4 脚柱断面力図(地震時曲げモーメントtf·m)

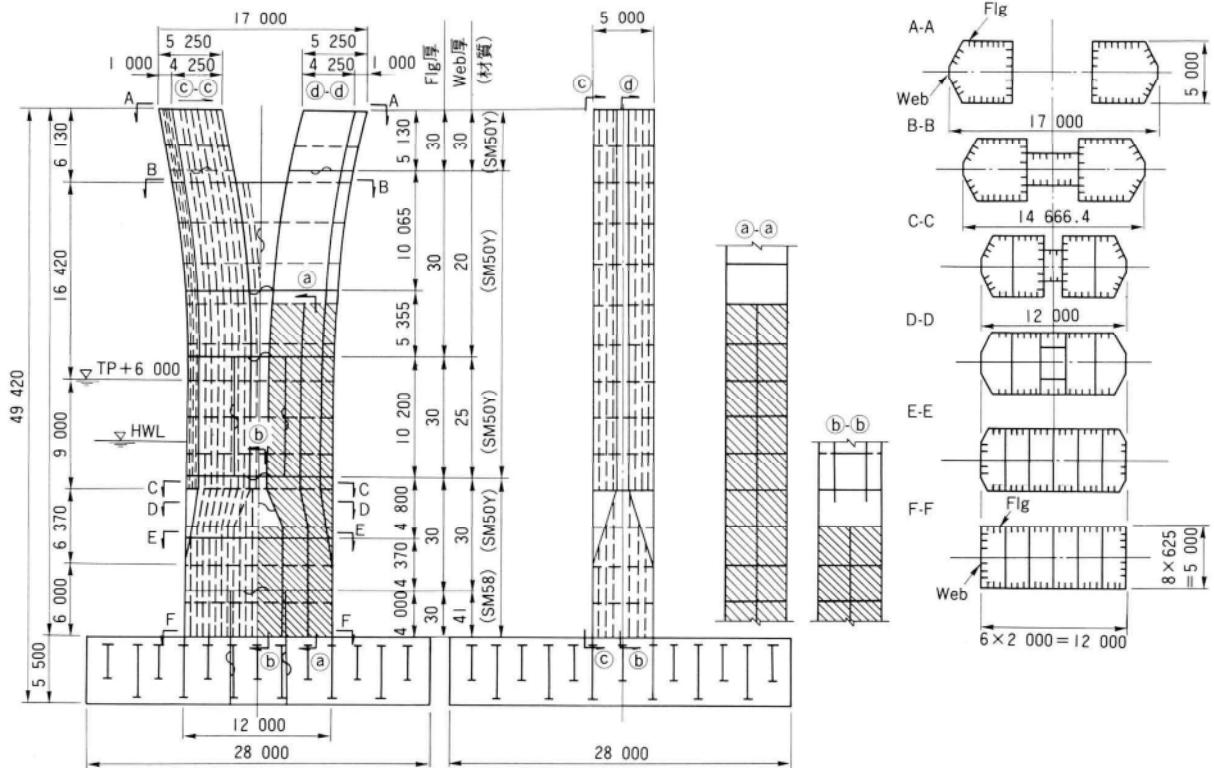


図-5 断面構成図

状のためこれらの配置には工夫を要したが、上部工架設時の狭隘感は否めない。

### (5) 曲線区間の設計

P 7 橋脚では曲線区間を  $R \approx 103\text{m}$  の円曲線としている。また他橋脚ではこの値が橋脚高により 28 m 程度まで変化する。この曲線区間の主応力はほとんど軸線方向と一致すると考えられたが、Y形付け根部等の応力検証も含め、P 7 をモデルに FEM 解析を行った。結果はほぼ予想どおりであり、際だった応力集中はみられなかった。また、曲線区間を骨組みモデルとした解析結果をもとに、この区間のダイアフラム厚を決定している。

### (6) 船舶衝突と大地震時に対する照査

(a) 船舶衝突時の断面力は、静的解析における全体系モデルにより算出している。この結果、漂流船舶衝突時の 130,000 G T (満載) ケースにおける脚柱基部断面力(常時換算値)は、 $87,118\text{t}\cdot\text{m}$ (静的解析) >  $52,750\text{t}\cdot\text{m}$  (船舶衝突)(静的解析値の 61%) であり、十分安全であることが確認された。

(b) 本橋では、耐震設計にあたって次の 2 つの水準を

設定し照査を行っている。

- ① L1；原則として耐用年数内に発生することが予想される地震動（L1）に対して構造物が道路交通機能を損なうような損傷を受けない水準
- ② L2；当該地点にまれにしか発生しない地震動（L2）に対しては補修可能な軽微な損傷は許すが、構造物の崩壊は防止する水準

解析は、入力地震動として、L1に対しては東京湾横断道路設計用に作成されたL1地震動を用い、L2に対してはL1波×2を用いて全体系動的解析を行った。

この解析結果をもとに、脚柱部各断面（主に基部）に対して次の方法で照査している。

L1；鋼断面のみ有効と考える。ただし鋼の基準降伏点まで考慮する。

L2；コンクリート断面も有効とし、合成柱としての耐荷力照査を行う。照査方法は「合成柱（充てん方式）を有する鋼製橋脚の設計・施工指針（案）S61.3」（阪神公団）を準用する。

P7橋脚における各レベルでの断面力は、静的解析と比較して概ねL1で0.8~1.0倍、L2で1.5倍であった。**表-3**に脚柱とフーチングとの接合部での照査結果を示す。

### (7) 防食対策

本橋脚は、腐食環境の厳しい海洋に設置されるため、防食対策には細心の注意が払われているが、脚柱外面の対策は次の3つに大別される。

#### ① 海上大気部

表-3 大地震時の脚柱断面照査結果

		作用曲げモーメント (tm)	作用せん断力(t)	抵抗曲げモーメント (tm)	抵抗せん断力(t)
L1	橋軸方向	M = 62,841		M R = 85,300	
		S = 370		S R = 9,400	
	橋直方向	M = 90,932		M R = 153,300	
		S = 2,207		S R = 10,500	

		M(tm)	MU(tm)	$\nu$	$\frac{M}{MU}$	$\psi$
L2	橋軸方向	87,141	153,800	0.567	1.037	
	橋直方向	168,366	325,100	0.518	1.032	

ここに、M : 付加曲げを考慮した作用曲げモーメント  
MU : 断面の破壊抵抗曲げモーメント  
 $\nu$  : 安全率(=1.0)  
 $\psi$  : 軸力と曲げモーメントが作用する合成柱の無次元曲げ耐荷力

無機ジンクリッヂペイント(75μm)+エポキシ樹脂塗料(120μm)+ふっそ樹脂塗料(55μm)を採用。

#### ② スプラッシュゾーン(TP+3.0~TP-2.0m)

スプラッシュゾーンは、他の部位に比べて最も腐食が激しく、かつ、補修困難な部位である。この防食対策としては、「コンクリート+犠牲鋼板+超膜厚エポキシライニング」(関西空港連絡橋)等があるが、確立された方法はない。本橋脚では、美観と防食性を重視し、新しい試みとしてチタンクラッド鋼(チタン1mm+鋼板4mm)を採用している。

#### ③ 海中部

タールエポキシ樹脂塗料(375μm)+電気防食(アルミニウム合金陽極)

なお、チタンクラッド鋼の施工については後述する。

#### (8) 付属品

脚内、脚外に設けた付属品について主な項目と目的等を以下に列記する。

##### (a) 脚内設備

- ① 脚内梯子；維持管理、コンクリート打設作業用。各セル1条とし、コンクリート部は埋め殺し。
- ② コンクリート打設管；各セル2本で、水中コンクリート、気中コンクリート打設用。基部に向かいセル数が増えるため配置が難しい。

##### (b) 脚外設備

- ① 接舷用桟橋；作業船の船着き場。スプラッシュゾーンのチタンにはアンカーできない。
- ② 作業ヤード；コンクリート打設作業のための資・機材置き場(荷重:1t/m<sup>2</sup>)
- ③ コンクリート打設用作業足場
- ④ 塔頂作業足場；吊り運搬用のピンの挿入脱着、上部工架設時の足場
- ⑤ 脚外梯子；接舷用桟橋～脚柱天端
- ⑥ 航路表示灯受け台；上部工架設までの仮設灯

### 3. 製作

本脚の製作に際して特に留意検討した点としては、

- ① かど溶接の方法(特に六角形断面)、
- ② 防食対策としてスプラッシュゾーンに採用したチタンライニング、
- ③ 上塗り塗装(工場塗装)に用いたフッソ樹脂塗料に関する塗装試験、

が挙げられる。以下では、この3点について報告する。

### (1) 変形六角断面の鋼板の組合せ

鋼板の組合せは、表-4等からAの組合せとした。なお、板縫（断面変化位置）がヤード溶接位置と同じとしているため、板逃げは全て外逃げとした。開先形状は、発砲スチロールで模型を製作し組立順序および溶接方法を考慮して図-7のように決定した。

### (2) 溶接方法

#### 1) ブロック溶接

図-8に示すように特に⑧ブロック重量は100ton前後と

表-4 鋼板の組合せの比較表

	A	B	C	D
箱組	(1)箱組立が行いやすい。 (2)R加工誤差を吸収しやすい。	(1)箱組立がやや難しい。 (2)横組の可能性がある。 (3)R加工誤差を吸収することが難しい。	(1)箱組立がBより行いやすい。 (2)R加工誤差を吸収することが難しい。	(1)箱組立がBより行いやすい。 (2)R加工誤差を吸収しやすい。
板逃げ	外 外 内 内 A 外	内 内 外 B 外 内	内 内 外 C 外	外 外 外 D 外 内
溶接	(1)かど溶接に自動化が適用しやすい。 (2)反転回数6回。  (3)反転8回。	(1)自動化が困難。 (2)受け台が必要。  図-7	(1)Aに比べて自動化が難しい。 (2)左図のような受け台が必要。  (3)反転8回。	(1)自動化は適用しやすい。 (2)反転6回。
評価	○	×	×	△

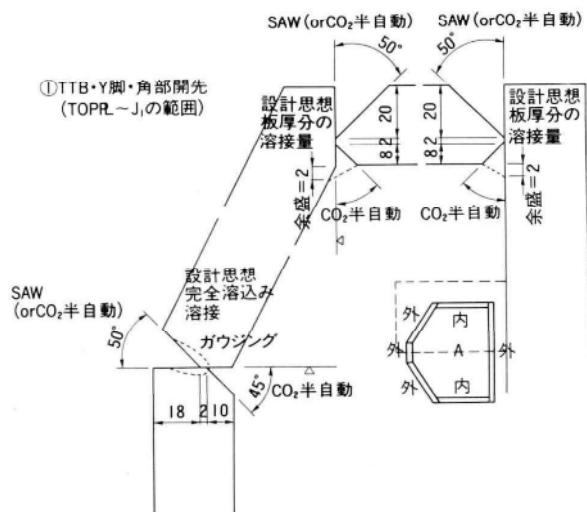


図-7 脚部角溶接間先形状

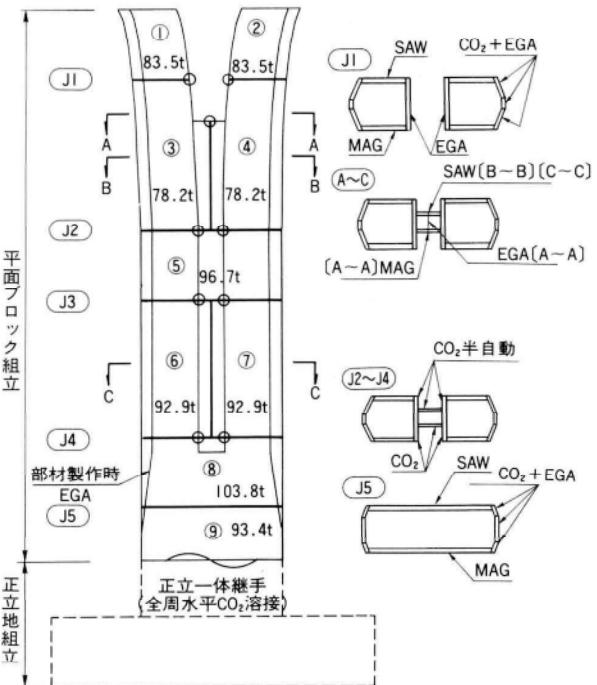
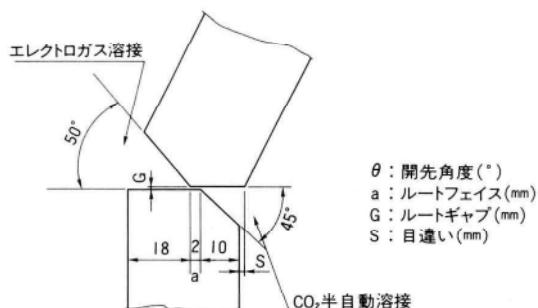


図-8 脚柱部ブロックの分割とヤード溶接概要図

開先形状



実橋に於ける管理目標値

開先角度θ (°)	ルートフェイスa (mm)	ルートギャップG (mm)	目違いS (mm)
50±5 45±5	2±1	≤ 1	≤ 1

エレクトロガス溶接

溶接条件		オシレート条件		備考
電流(A)	電圧(V)	速度(cm/min)	ストローク幅(mm) 停止時間(Sec)	
380	38	9.0~7.0	10 0.3奥 0.7前	1. ナシ 2. 突合せ用

図-9 脚稜線部溶接施工条件(エレクトロガス溶接)

なり反転しにくいのでエレクトロガス溶接を脚稜線部に使用することを考え溶接施工試験で検証を行い本施工に使用した（図-9、写真-1）。

## 2) ヤード溶接

鋼製脚のブッロク割りは、図-8の様であり平面で仮組後片面からヤード溶接を行うため溶接姿勢が下向き、立向き、上向きとなり表-5、6に示すような溶接機ならびに溶接溶材を用いて施工した。一例として、ガスシールド片面裏波自動溶接（MAG）を使用した上向き溶

接状況を写真-2に示す。

## (3) 飛沫・干満帯のチタン防食

従来、海上に設置される橋脚の海水干満部は橋脚本体に鋼製のバンド（高さ約500cm）を巻き、本体とバンド鋼板の間にコンクリートを詰め、バンド鋼板の外面には超厚膜の重防食を行っているが本橋脚は景観上から曲線Y型橋脚に設計され、スリム性を維持するために5mm厚の



写真-1 EAG斜め立向き溶接状況

表-6 溶接溶材

溶接方法	溶接姿勢	溶接溶材				
		ワイヤ(径)	フラックス	カットワイヤ	裏当材	使用ガス
サブマージアーク 片面自動溶接	下向き	Y-D (4.8φ)	YF-15A (20×200)	YK-C (1×1mm)	SB-5I	—
Ar-CO <sub>2</sub> 混合ガスシールド片面裏波自動溶接	上向き	DWA-50 (1.2φ)	—	—	FBB-3T	MAG (80%+20%) Ar+CO <sub>2</sub> 混合
炭酸ガスシールド 片面裏波自動溶接 及び半自動溶接	立向き 及び 下向き	SF-I (1.2φ)	—	—	SB-4I	CO <sub>2</sub> (100%)
エレクトロガスアーク自動溶接	斜め 立向き	EG-I (1.6φ)	—	—	—	—
エレクトロガスアーク片面裏波自動溶接	立向き	EG-I (1.6φ)	—	—	KL-4	CO <sub>2</sub> (100%)

表-5 溶接施工方法および使用自動溶接機および溶接材料

	開先形状	板厚(t <sub>1</sub> +t <sub>2</sub> )	材質	溶接姿勢	溶接方法	使用自動溶接機名	溶接材料
SAW		18×18 20×20 20×25 25×30 30×30	SM50YB	下向き	サブマージアーク片面自動溶接(SAW)	SW-4I	Y-D(4.8φ) YF-15A(20×200) YK-C(1×1mm) SB-5I
MAG		18×18 20×20 20×25 25×30 30×30	SM50YB	上向き	Ar-CO <sub>2</sub> 混合ガスシールド片面裏波自動溶接(MAG)	OH-AUTO	DWA-50(1.2φ) FBB-3T
CO <sub>2</sub> +EGA		30×30	SM50YB	立向き及び 斜め立向き	炭酸ガスシールド片面裏波自動溶接及び エレクトロガスアーク自動溶接(CO <sub>2</sub> ～EGA)	PICOMAX-2 SEGARC-2	SF-I(1.2φ) SB-4I EG-I(1.6φ)
EGA		25×25 20×30	SM50YB	立向き	エレクトロガスアーク片面裏波自動溶接(EGA)	SEGARC-2	EG-I(1.6φ) KL-4
CO <sub>2</sub>		20×20 20×25 25×30	SM50YB	立向き	炭酸ガスシールド片面裏波自動溶接(CO <sub>2</sub> )	PICOMAX-2	SF-I(1.2φ) SB-4I
CO <sub>2</sub>		18×18	SM50YB	下向き	炭酸ガスシールド片面裏波半自動溶接(CO <sub>2</sub> )	半自動溶接	SF-I(1.2φ) SB-4I

チタンクラッド鋼を採用し防食バンドとしている。

チタンは大変活性が高く常温・空气中でも瞬時に酸化し、表面に酸化被膜を形成し、一度生成した薄い酸化膜は海水中で白金にも匹敵する程の安定な不動態被膜となる。

このような性質を有するチタンを防食バンドに適用するに当り、①本体鋼板との接合、②チタンの溶接、③異種金属との接合、④曲げ加工性、⑤大型部材の空气中での取付・溶接など、技術的・環境的に細心の注意を要する。

### 1) チタンクラッド鋼の溶接

チタンの溶接は、極度に湿気や塵埃を嫌い、特に工場に散在する鉄粉により溶接部に脆い合金を形成し溶接欠陥の原因となるので、建屋の中に作業足場を設置し、このまわりにビニールシートなどで防塵、防風のための囲いをした(写真-3)。

溶接工法はArガス100%のTIG溶接で、溶接線をサンダー、ワイヤーブラシ、アセトンで清浄にし、溶接に際しては溶接金属がある温度以下になるまで、Arガスのアフターブローで冷却した。

溶接は出来るだけ下向自動を基本とし、一部の局部溶接や横向溶接は手動溶接にて行った(図-10)。

#### (a) 本体鋼板との接合(SM50+SS34スチールすみ肉溶接および本体止め溶接)。

チタン板は、“純チタン-SS34スチール”のロール圧着クラッド鋼であり、最大幅1000mmである。そのために、大型部材ではタイル状、帯状に並べ、本体に止めることになる。

本体鋼板との接合は、“スチールとスチール”の溶接であり、YT-28溶材にてTIG溶接で行う。これには、外周のスチールすみ肉溶接とチタン板内面のスチール本体止め溶接がある。

#### (b) チタンの溶接(I)(Ti+Tiのすみ肉合せ溶接)

この溶接は、溶材を使用しないでTIGアークにてTi蓋板とクラッド鋼側のTiを溶かし溶着するものである。

#### (c) チタンの溶接(II)(Ti+TiのI形突合せ溶接)

これは、すみ肉溶接と違い、余盛を付けて溶接するもので、純チタン棒を溶材としてTIG溶接する。

#### (d) チタンとスチールの境界部の接合(Ti+SS34の余盛)

チタンとスチールは非常に脆い合金を作り破損し易いので、銀系の特殊溶材によりTIG溶接する。

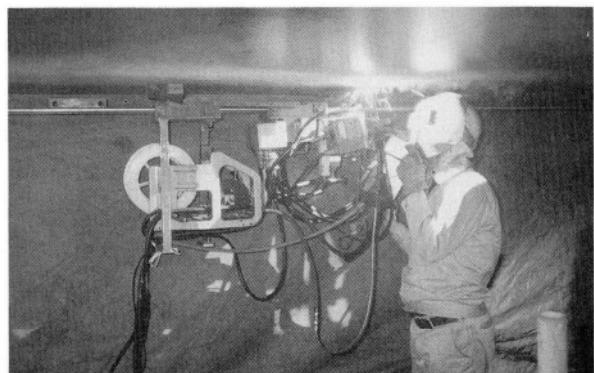


写真-2 ガスシールド片面裏波自動溶接状況

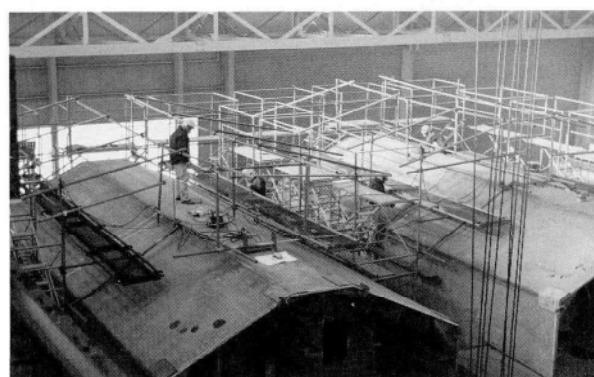


写真-3 防塵・防風設備

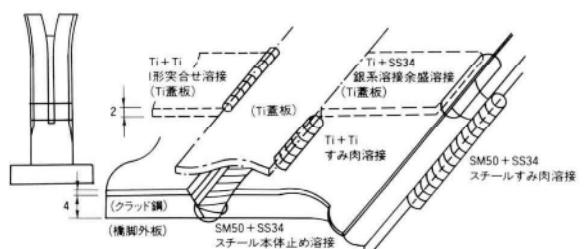


図-10 チタンクラッド鋼の溶接概要

(e) 仮付け溶接は、取付け時の密着を溶接時に保持するように30mm間隔で行った。

### 2) チタンクラッド鋼の加工

チタンクラッド鋼はロール圧着により接合されており、その接着力やチタンとスチールの物理的性質の違いにより、加工上以下の点に留意し、先行して部分加工した。

#### (a) チタンクラッド鋼の切断

チタン板はスチールに比べてスプリングバックが大きいので、剥離しないように、スチール側から刃

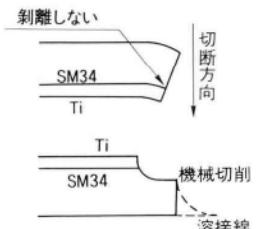


図-11 チタンクラッド鋼の切断および切削

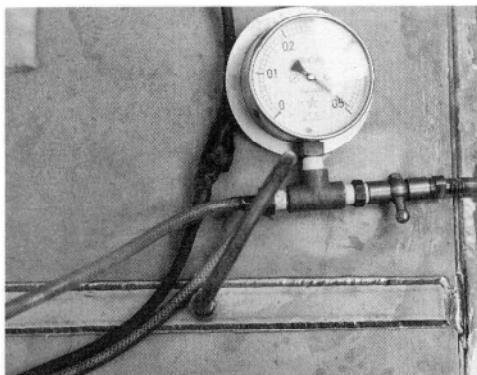


写真-4 気密試験状況



写真-5 大型供試体塗装

表-7 塗装仕様

工程	塗料名	膜厚 (μ)	塗付量 (gf/m <sup>2</sup> )	A社	B社	C社	D社
素地調整	グリッドblast処理(SIS Sa2.5)	—	—	—	—	—	—
プライマー	厚膜型無機ジンクリッヂペイント	75	700	—	—	○	—
下塗 I・2	厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗用	60	300	○	○	○	○
中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	30	170	○	○	○	○
上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	25	140	○	○	○	○

を入れてシャー切断する(図-11)。

#### (b) 溶接される縁端の加工

スチールの溶接時に同時にチタンを溶かすと、脆い合金になるので、機械切削でチタン部を除去した(図-11)。

#### (c) 曲げ加工

チタンとスチールの接合面が剥離しないように、チタン板が内側で曲げを受けるときは、内側曲げ半径は2mmR以上、外側で曲げを受けるときは、内側曲げ半径は10mmR以上とする。なお、再曲げは出来ない上、溶接線を密着させるため、1枚のチタンクラッド鋼では、1カ所の曲げ加工とする(万一2度曲げるときは部材寸法を実測して曲げ寸法に反映しなければならない)。

チタンで覆われている面の防食性能は非常に高いが、チタン溶接線にピットなど穴があつて海水などが侵入すると内面から腐食が進行することになるので、施工部全線について浸透探傷検査や気密試験(2kg/cm<sup>2</sup>石鹼水)によって溶接の健全性を確認した(写真-4)。なお、本施工にあたり、新日本製鐵、日鉄防食、日鉄溶接工業各位の御協力をいただきました。

#### (4) ふっ素樹脂塗装システムの評価

本工事橋脚外面に適用されるふっ素樹脂塗装システムの塗装作業性(施工性)、補修適性および塗装外観を事前に検討するために大型供試体を用い、評価を行った(写真-5)。また、今後各種大型工事に採用される事が予想される塗装系のため塗料会社4社について施工試験を行った。ここでは、特に補修適性について報告する。

##### 1) 試験方法

塗料メーカー；4社(東亜ペイント、日本ペイント、大日本塗料、関西ペイント)

工場塗装；エアスプレー ブラストージング～下塗り～中塗り～上塗り

補修方法；刷毛塗り ① 下塗り～中塗り～上塗り  
② 中塗り～上塗り ③ 上塗り

素地調整；① ウエス拭き ② ペーパー掛け  
インターバル；① ばくろ 7日 ② ばくろ 1カ月  
③ ばくろ 6カ月

付着試験；基盤目テープテストおよびアドヒージョンテスト(2カ所)

評価基準；基盤目テストは、5mm幅9枚目で実施し

た。アドヒージョンテストは、付着力の数値と剥離箇所及びパーセントを記す。

**塗り重ね**；塗り重ね（補修）は原則として同一塗料メーカー間で実施する。塗り重ね（補修）は刷毛にて行い、塗料は本塗装で適用したものそのまま使用する。

**割付け**；供試体に30cm×30cm枠目を設けこれに塗り重ねを行う。

#### 2) 塗装システムと評価対象塗料メーカー

供試塗装システムと対象塗料メーカーは表-7に示す。

各塗料メーカーごとの塗装区分は図-12のように供試試験体を4分割して、各社のふっ素樹脂塗料中塗用／上塗を塗装する。

#### 4) 考察

フッソ樹脂塗料の塗り重ねについてA社の屋内4日暴露を除き表-8の如く順調の結果であった。A社のこの結果は、塗り重ねの時はフッソ樹脂用下塗り塗料を使用することになっていたが、誤って通常塗料を使用した為でありその後の暴露試験では、この塗料で施工したので問題はなかった。この様にメーカーによってフッソ上塗り塗料を使用するときは補修用下塗り塗料があることに注意しなければならない。

塗装作業性は、ポリウレタン系塗料より作業性が良く塗膜外観についてもダレ等も少なく良好であった。

なお、本試験は塗装メーカー4社の協力および技術指導のもとで行ったものである。

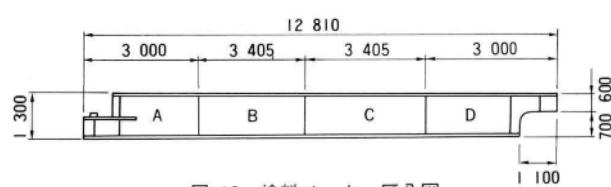
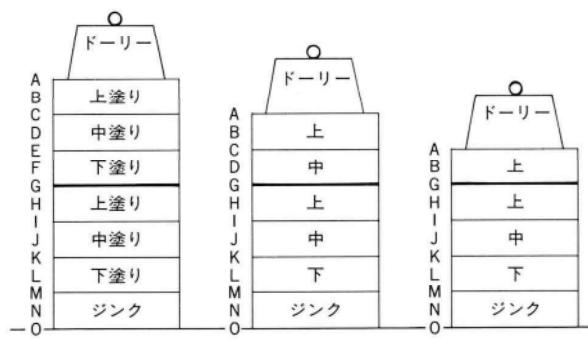


図-12 塗料メーカー区分図



素地

表-8 ふっ素樹脂塗装システムの塗り重ね評価試験結果

(a) 塗り重ね条件(屋内4日)

メー カ ー 目組し	下塗/中塗/上塗		中塗/上塗		上塗		
	アドヒージ ン テ ス ト kgf/cm <sup>2</sup>	ゴバンメ テ ス ト (JIS)	アドヒージ ン テ ス ト kgf/cm <sup>2</sup>	ゴバンメ テ ス ト (JIS)	アドヒージ ン テ ス ト kgf/cm <sup>2</sup>	ゴバンメ テ ス ト (JIS)	
A社	なし	G 90 25 A 10	0	38 A 100	7	38 A 100	10
		25 G 100	0	32 A 100	7	35 A 100	10
	あり	G 5 28 A 95	8	35 A 100	10	35 A 100	10
		G 5 28 A 95	8	30 A 100	9	35 A 100	10
B社	なし	N 5 G 5 38 A 90	9	N 70 L 10 35 A 20	10	N 30 L 30 35 A 40	10
		N 50 L 10 38 A 40	9	N 10 L 5 32 A 85	10	N 30 L 30 35 A 40	10
	あり	N 20 L 5 35 A 75	9	N 10 L 15 32 A 75	10	N 20 N 30 38 A 80	10
		N 40 35 A 60	10	N 30 L 30 32 A 40	10	N 30 L 30 38 A 40	10
C社	なし	N 70 32 L 30	10	N 10 C 5 32 A 85	9	N 80 N 40 38 A 20	10
		L 10 30 A 90	10	38 A 100	9	L 55 38 A 5	10
	あり	N 55 38 L 45	10	35 N 100	7	N 20 L 50 38 A 30	10
		30 A 100	10	35 A 100	6	38 A 100	10
D社	なし	G 95 32 A 5	10	38 C 100	10	35 A	10
		32 A 100	10	40 A 60	10	N C 40 A	10
	あり	32 A 100	10	25 A 100	10	N5 L 10 J 15 35 A 75	10
		35 A 100	10	32 A 70	10	N 15 C 15 25 A 100	10

(b) 塗り重ね条件(屋内1ヶ月)

下塗/中塗/上塗		中塗/上塗		上塗	
アドヒージョン テス <sup>t</sup> ト kgf/cm <sup>2</sup>	ゴバンメ テープテスト (JIS)	アドヒージョン テス <sup>t</sup> ト kgf/cm <sup>2</sup>	ゴバンメ テープテスト (JIS)	アドヒージョン テス <sup>t</sup> ト kgf/cm <sup>2</sup>	ゴバンメ テープテスト (JIS)
30 A 100	8	32 A 100	9	28 A 100	10
30 A 100	8	30 A 100	9	28 A 100	10
30 A 100	9	30 A 100	9	28 A 100	10
N 40 35 L 60	9	30 A 100	9	28 A 100	10
L 90 38 G 10	10	42 L 100	10	L 30 38 A 40	10
N 50 40 L 50	10	N 60 40 L 40	10	N 30 38 L 40	10
N 40 47 L 60	10	N 60 47 L 40	9	L 90 40 A 10	10
40 N 100	10	N 20 42 L 80	10	38 L 100	10
L 50 42 F 50	10	L 90 40 C 10	10	N 5 L 60 43 A 35	10
L 50 40 F 50	10	42 L 100	10	L 40 52 A 60	10
N 50 42 F 50	10	N 5 42 L 95	10	N 10 L 60 45 A 30	10
N 50 43 F 50	10	N 10 48 L 90	10	N 5 43 L 95	10
N 60 32 L 40	10	N 20 40 A 80	10	43 A 100	10
N 80 F 5 38 A 15	10	N 20 40 A 80	10	N 60 48 L 40	10
40 A 100	10	42 A 100	10	J 20 42 A 80	10
42 A 100	10	J 5 45 A 95	10	N 5 J 20 42 A 75	10

(c) 塗り重ね条件(屋内6ヶ月)

下塗/中塗/上塗		中塗/上塗		上塗	
アドヒージョン テス <sup>t</sup> ト kgf/cm <sup>2</sup>	ゴバンメ テープテスト (JIS)	アドヒージョン テス <sup>t</sup> ト kgf/cm <sup>2</sup>	ゴバンメ テープテスト (JIS)	アドヒージョン テス <sup>t</sup> ト kgf/cm <sup>2</sup>	ゴバンメ テープテスト (JIS)
20 A 100	10	20 A 100	10	28 A 100	10
20 A 100	10	23 A 100	10	20 A 100	10
30 A 100	10	N5 L 10 28 A 85	10	20 A 100	10
20 A 100	10	30 A 100	10	20 A 100	10
N 30 28 A 70	10	28 A 100	10	30 A 100	10
N 20 22 A 70	10	23 A 50	10	36 A 100	10
N 15 20 A 85	10	28 A 60	10	28 A 100	10
N 15 22 A 85	10	28 A 60	10	23 A 100	10
23 A 100	10	23 A 100	10	20 A 100	10
20 A 100	10	25 A 100	10	20 A 100	10
F 20 21 A 80	10	20 A 100	10	N 25 25 A 75	10
N 40 20 A 60	10	25 A 80	10	N 25 20 A 75	10
N 5 D 35 24 A 65	10	22 A 100	10	38 A 100	10
20 A 100	10	N 50 D 20 28 A 30	10	L 5 50 A 95	10
20 A 100	10	30 A 60	10	N 80 32 A 20	10
N 50 32 A 50	10	D 40 28 A 60	10	N 60 28 A 40	10

#### 4. あとがき

本橋脚は、脚柱部（約910t）を当宮地鐵工所、フーチング（約1150t）を東京鐵骨橋梁製作所にて分割製作し、平成3年5月21日両者をドッキングした。その後、7月10日に住友建設・淺沼組・佐伯建設共同企業体によって浜出しされ、無事所定位置に据付けを終えた。詳細設計開始から浜出しまで15ヵ月という短期間であり、かつ、検討項目も多岐にわたっていたが、東京湾横断道路株式会社、並びに共同企業体のご指導のもとに竣工したものである。ここに関係各位に深く感謝する次第である。

#### 〈参考文献〉

- 1) 篠原、下村；東京湾横断道路建設事業の概要、橋梁と基礎、90年8月
- 2) 香川、樅山、中村；多径間連続橋梁の計画と下部工の設計（上、下）、橋梁と基礎、91年1、2月
- 3) 合成柱（充てん方式）を有する鋼製橋脚の設計・施工指針（案）、阪神高速道路公団、昭和61年3月
- 4) 東京湾横断道路各種基準

1992.1.14受付

#### グラビア写真説明

##### 三郷西高架橋

東京外かく環状道路は都心から約15km圏を環状に全長85kmにわたって計画されている道路である。

この路線は、首都圏から地方へ延びる高速自動車国道や一般国道等の放射道路を相互に接続し、都市方向に集中する交通を適切に分散、導入すると共に、都心に起終点を持たない交通をバイパスさせる機能をもち、首都圏の慢性化した交通混雑緩和に一役を担うために早期開通が熱望されていたが、一部暫定開通が秒読み段階となつた。

本橋は東京外かく環状道路の一部をなす常磐自動車道（川口市～三郷市）の三郷市内1.8kmのほぼ中間に位置する市道と用水路上の連続箱桁を主体とする高架橋である。（加藤）

##### 勝川橋

本橋は愛知県名古屋市と我社の松本工場を結ぶ基幹道路である国道19号線が名古屋市北方で庄内川を渡河する国道橋の拡幅工事である。

この19号線は、本橋の北方地区（春日井側）までの拡幅が終了しているが、本橋以南は現在工事中であり、朝夕の渋滞情報では必ず放送されている。

この為、四日市方面へのう廻として、名古屋外環である国道302号線や先年開通した東名阪道路（勝川インターより浮野高架橋を通過する）を利用している車が増えている。そのまま市内に入る場合は、本橋は現橋と同じ高さの為見えませんが、3車線になった状況を想いながら、前車に追突しない様ゆっくりと庄内川を渡る事ができます。（藤井）

##### ふれあい大橋（日向ダム5号橋梁）

岩手県が施工中の日向ダム建設に伴う市道付替工事の5番目の橋梁で、ダム湖に架かる長大橋です。

形式は2面吊りファン形ケーブル配置の2径間連続斜張橋で県内初めて採用したものです。

架橋地の釜石市は陸中海岸国立公園の中央に位置し、鉄の都・キュポラで有名であったが、キュポラの半減で、鉄マンの流出、冷えた市民の心にダム湖を中心に憩いの場となるとともに、釜石大観音、御箱崎など観光資源の1つになるものと思われる。（大河原）

# 二重鋼殻構造物への締固め不要コンクリートの充填実験と強度試験

Filling Double-Wall Steel Structure with Concrete requiring no Compaction and Strength Test

清水 功雄\*  
Isao SHIMIZU

太田 貞次\*\*  
Teiji OHTA

吉市 憲男\*\*\*  
Norio FURUICHI

## Summary

Double-wall steel filled with concrete is commonly recognized as a fine material with high strength and toughness. Its use is still uncommon, however, because of the difficulties of placing the conventional concrete and because costs are high.

Recently, concrete with high flowability and segregation resistance, and which can be placed without the use of vibrators, has been developed based on a new concept and put into use.

This paper describes an experiment which was designed to investigate the manageability of such concrete when used to fill a box section with an intermediate diaphragm. Favorable results were obtained.

## 1. まえがき

外殻を鋼板で構成された箱桁断面の中に、コンクリートを密実に充填した、鋼・コンクリートサンドイッチと呼ばれる構造材は、強さと粘りを合わせ持つ優れた材料として、土木・建築の分野でよく知られており、近年氷海での石油掘削リグ用のフーチング、あるいは沈埋トンネル用などの構造材として基礎的な研究が進められている。<sup>1)2)</sup>

しかしながら、鋼殻断面内は断面を構成するために、ダイヤフラムや補強リブ等により複雑な構造になっているので、コンクリートを密実に充填する作業が難しく、コストがかかるので、一般的に使用されるにいたっていない。

最近、複雑な形状をした断面内へのコンクリートの充填の施工性の向上を目指し、流動性、充填性に優れたコンクリートの開発研究が各方面で進められている。

そのなかで、“締固め不要コンクリート<sup>3)</sup>”と呼ばれる新しい考え方のコンクリートが開発され実用段階に入った。

筆者らは、このコンクリートをサンドイッチ部材で使用することを目的として、まずダイヤフラムで区切られた二重鋼殻内への充填施工試験を行い、コンクリートの流動状況を検証するとともに、硬化した部材の強度等を試験により確認してきた。<sup>4)</sup>

\* 技術本部技術開発部技術開発課長

\*\*\* 千葉工場生産設計部生産設計第1課課長代理

\*\* 技術本部技術開発部技術開発課課長代理

これらの試験結果から、千葉工場に新設された精密加工機械用の長尺の架台をサンドイッチ構造材で製作できると考え、中間ダイヤフラムを有する箱桁断面に、このコンクリートを充填した梁を設計した。

この梁を用いて、充填性について試験施工を行い、その信頼性を確認できたので、施工試験に用いた締固め不要コンクリートの状態、施工状況および充填状況について報告する。

## 2. コンクリートの選定試験

箱桁内部へのコンクリート充填施工試験を実施するに先立ち、使用するコンクリートの選定試験を行った。

選定試験は東京大学工学部土木工学科コンクリート研究室の技術指導により、(株)エヌエムピー中央研究所の協力を得て、同研究所にて実施した。

### (1) 使用材料

コンクリートの選定試験はすべて施工試験に使用する材料によるものとし、セメントおよび骨材は施工実験を行う同じ材料を房総コンクリート(株)姉ヶ崎工場より搬入して使用した。

また、膨張材はこのような条件下での効果を検証する目的で試験を行った。

セメント：普通ポルトランドセメント（小野田）

細骨材 : 市原産山砂  
 粗骨材 : 宇部産石灰石碎石  
 高炉スラグ : ファインセラメント20A 微粉末  
 (第一セメント)  
 混和剤 : 高性能AE減水剤 (㈱エヌエムビー)  
 膨張剤 : デンカCSA #20 (電気化学工業)

表-I 箱断面に充填施工するコンクリートの示方配合

W/B	s/a	W	混和剤 1	混和剤 2
33.5	50.3	174	B×2.2%	20gf

B : C : Sg = 1 : 2.15  
 混和剤 1 : 高性能AE減水剤  
 2 : 増粘剤

(増粘剤)



写真-1 スランプフローの測定

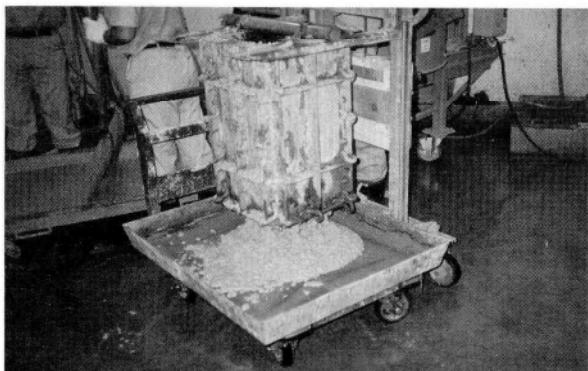


写真-2 充填性試験状況

表 2 室内試験によるコンクリートの配合選定  
(配合は表-Iと同じ)

混和剤 1	混和剤 2 gf/m <sup>3</sup>	スランプ cm	スランプ フロー	空気量 %	温度 ℃	充填性試験 通過率 %
2.2%	20	27.0	65 (52秒)	2.2	29.5	100% (30秒)

- スランプフローの( )内数値はスランプフローが停止するまでの時間
- 充填性試験の( )内数値は通過時間

## (2) コンクリートの配合

使用材料の測定結果により、スラグ系締固め不要コンクリートの示方配合は表-1のようである。

## (3) 試験方法

コンクリートの性状を確認するための、主な試験方法は以下の通りである。

### ① スランプフロー

スランプ試験のコンクリートの広がり（最大径方向と直角方向）の平均値（写真-1）。

### ② 充填性試験

写真-2に示す測定器による試験。（D16の鉄筋が50mmメッシュとなる底板を持つ鋼製容器に所定量のコンクリートを詰めたあと、容器を引き上げ底板からのコンクリートの通過率および通過時間を測定して、コンクリートの充填性を評価する方法）

### ③ 圧縮強度試験

直径100mm、高さ200mmの圧縮強度用供試体により所定材令（7、28、91日）における圧縮強度を測定した。養生は標準養生とした。

### ④ 長さ変化測定試験

膨張コンクリートの拘束および収縮試験方法による。

## (3) コンクリートの製造

コンクリートの製造は100ℓ強制練りミキサーを用い、以下に示した方法で練り混ぜた。特にモルタルの状態で十分練り混ぜた後に粗骨材を投入し排出した。



## (4) 実験結果

室内実験により、表-2の配合を選定した。  
この配合では高炉スラグ微粉末354kgf/m<sup>3</sup>、スランプ

フロー 65cm、フローの停止するまでの時間 52秒、充填試験による通過率 100%、通過時間 30秒である。

施工時の充填作業を安定して進めるためには、フローの停止するまでの時間と、充填試験の通過時間が長く安定していることが重要な要素になると思われる。

さらに、充填作業の施工性に大きな影響を与える、スランプフロー値の経時変化は120分後で3%程度と低下幅が少なく、作業性の良好なコンクリートが得られたと判断した(表-3)。

なお、膨張材の使用による効果は、今回の実験では確認できなかったため使用しないことにした。

### 3. コンクリートの流動性試験

実際に製作する架台の箱桁断面の最大内側寸法は45cm×46.3cm×7m 65cm (1.59m<sup>3</sup>) である。

この箱桁には中間ダイヤフラムが3ヶ所配置されており、ダイヤフラムにあける孔の断面積(開孔率)がコンクリートの充填性に影響する。

開孔率の実験的な検証は筆者らが実施した充填施工試験<sup>4)</sup>の結果を参考に、孔の径を決定した

ここで前述の充填施工試験について触れておく。

この試験は、平成2年春に実施した新日本製鐵(株)鉄構海洋事業部と(株)宮地鐵工所との共同研究の一部である。

#### (1) 充填試験に使用したコンクリート

この試験に使用したコンクリートは、助材として高粉末度(6000cm<sup>3</sup>/gf)の高炉スラグを使用した、スラグ系の締め不要コンクリートである。

コンクリートの示方配合は表-1とほぼ同様である。粗骨材の最大寸法は20mm(採石)、高性能AE減水剤添加量は(セメント+スラグ)×2.5%を標準とした。

コンクリートの製造は一般のコンクリートプラントの協力を得て製造したが、スラグの投入を人力によらねばならないこともあり、1バッチ1.5m<sup>3</sup>・1日2バッチを限度とした。

コンクリートの品質管理はスランプフロー値を中心に行ない、現場での管理値を60cm±5cmに設定し、高性能AE減水剤添加量により調整した。

#### (2) 充填試験の実験装置

充填試験に用いた実験装置は、図-1に示す様な箱断面(全幅500、高さ200mm、断面の中心にφ100の開口部を

表-3 室内試験結果(経時によるスランプフローの変化)  
(配合は表-1と同じ)

	スランプ cm	スランプフロー cm	温度 ℃	空気量 %	充填性 %	通過時間 秒
直後	27.5	70.0	29.5	2.8	100	26
30分	27.5	69.0	29.5			
60分	27.5	66.5	29.5	1.8	100	55
90分	27.0	66.5	29.5			
120分	27.0	68.0	29.5	2.2	100	93

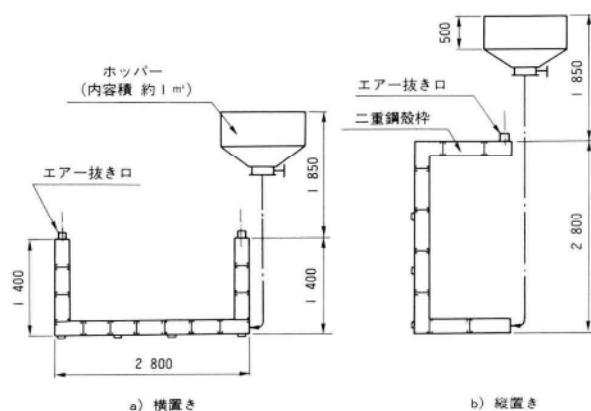


図-1 充填試験の実験装置

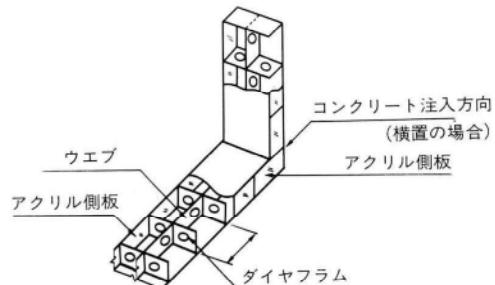


図-2 実験装置の構造

400ピッチで設けたウェップを持つ)で、2.8m×1.4mのコの字形である。

コンクリートはホッパーを用いた自然落下方式で注入する。中間のホースは骨材の最大寸法20mmの5倍、φ100mmとした。充填にバイブレーターは使用しない。

実験はダイヤフラムの開口面積率(孔の直径を100、125、140mm)および、ダイヤフラムの間隔(0、600、400mm)をパラメーターとしてコンクリートの充填状況を観察した。

充填状況の観察は図-2のように、断面の両側面のアクリル板を通して、コンクリートの流動状況を目視により調査した。

### (3) 充填状況

アクリル板を通して見た、コンクリートの箱断面内の通過状況は写真-3、4のように、コンクリートの舌先を巻きこむようにダイヤフラムの孔を通過して、移動していく状況がわかる。

コンクリートが充填不能になるケースでは、注入口近くのダイヤフラムの開口部で、骨材とモルタルが分離してしまい、コンクリートの流動が停止する(写真-5)。

コンクリートの注入のスピードと区画の間隔および開口率の関係が、充填性能に大きく関わっていると思われる。

注入のスピードはコンクリートの品質(スランプフリー、経過時間、コンクリートの不分離性)によるところが大きく分離気味のコンクリートでは相対的に早くなり、注入口付近ですでに、材料分離の傾向を示す。

充填実験による区画の間隔と開口率の関係は、間隔600mm、開口率25%( $\phi 125$ )あれば充填性能は十分と判断した。

また、各区画の充填状況を確認するために、アクリル板を外した直後に、断面内の上面に気泡により乾燥した状態の部分がないか調査した。写真-6のように、コンクリートが十分充填されている状態が確認できた。

### (4) 材料分離抵抗性

実験装置(図-1)の注入口とエアーバッキン口とで、コンクリートを採取し、通過粗骨材の重量の測定を行ったがほとんど差は認められなかった。

## 4. 長尺箱断面内への充填施工実験

### (1) 充填施工実験に用いた箱枠

当社、千葉工場内に大型精密加工機械の製品固定用に長尺架台を設置する必要があり、表-4の3案について

表-4 精密加工機械用の製品受け架台の構造比較

鋼断面のみで構成する	箱断面とした場合、リブの位置に反力点を設ける必要があり使用状態に制約を受ける。製作費がかかる。
鋼断面内に無収縮モルタルを充填する	無収縮モルタルの価格はコンクリートの10倍以上になり費用がかかる。
鋼断面内に締固め不要コンクリートを充填	施工性はモルタルと同様簡単。価格はコンクリートに近いので経済的である。現在のところ、コンクリートの製造には特別な配慮が必要。

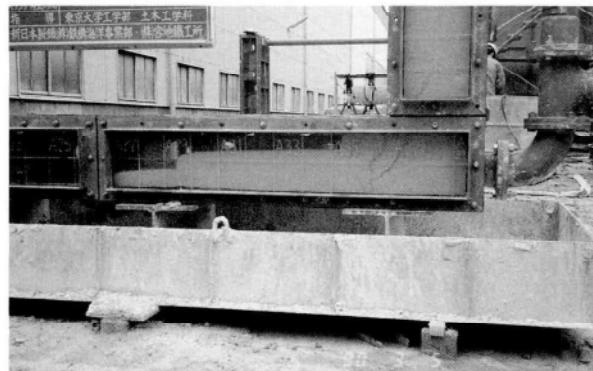


写真-3 アクリル板を通して見たコンクリートの充填状況(1)



写真-4 アクリル板を通して見たコンクリートの充填状況(2)



写真-5 モルタルが分離して充填不能になった状況



写真-6 上面鋼板にも充分充填されている状況

比較検討した。

この架台は吊橋の主塔部材等の、高精度を必要とする端面切削加工時に用いるもので、以下のような条件を満足する必要がある。

- ① ジャッキベースの位置に制限がなく、反力による変位が無視できる程度 ( $10\mu$ 以下) であること。
- ② 梁断面の上下面を機械仕上げして、重ねた場合に密着度が要求されるので、梁としての変形が微小であること。
- ③ 作業時に振動が生じにくいこと。
- ④ 廉価であること。

このようなケースでは、鋼箱桁内に締固め不要コンクリートを充填する案が、最も廉価で、各条件を満足する構造として、今後広く利用できると考えられる。

そこで試験施工として、架台の試作を試みた。

製作する架台の寸法諸元は長さ7.8m～1.3mまで計10体、他に充填試験用に1体の合計11体、7.5m<sup>3</sup>である。

図-3は最長の7.7m (1.7m<sup>3</sup>) の架台である。

3ヶ所の中間ダイヤフラムの孔径は、3.項で述べた充填試験の結果を基にφ150とした。(孔径／最大粗骨材寸法) = 7.5倍 ダイヤフラム間隔1.7m～2.1mなので、開口面積率は11%とやや少ないが十分充填できると判断した。

## (2) コンクリートの製造

コンクリートの製造は市原市にある房総コンクリート株のパン型強制練りミキサー (3.0m<sup>3</sup>) によった。

使用材料は2.項の試験練りと同様である。配合は室内試験により選定された値によった。

練り混ぜ容量は1日必要打設量を4.5m<sup>3</sup>に設定し、1バッチ1.5m<sup>3</sup>×3回練りとした。品質管理はプラントにて3バッチ分をミキサー車に投入して攪拌した後、排出して、スランプフローなどを測定した。

現状では商用プラントで少量生産する場合、今回のように高炉スラグのミキサーへの投入を人力で行う必要があり、その能力からも1バッチ1.5m<sup>3</sup>程度が限界である。

練り混ぜ方法は室内実験と同様とした。しかし、全材料投入後の練混ぜ時間は1日目は室内実験と同じ90秒としたがやや材料分離が発生した。2日目は2倍の180秒として良好な結果を得た。

試験室の100ℓ程度のミキサーと、プラントとでは練り混ぜ時間に差が出るのか、今後の課題としたい。

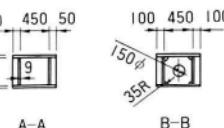
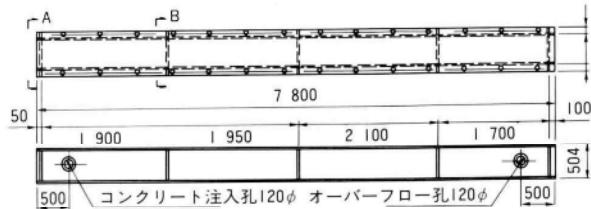


図-3 充填施工実験に用いた箱桁

表-5 コンクリートの打設実験結果(フレッシュコンクリートの性状)  
(配合は表-1に同じ)

	スランプ cm	スランプ フロー cm	温度 ℃	空気量 %	充填性 %	通過時間 秒
プラント	25.0	48.0	31.0	1.9	100	55
現場養成(40分)	27.0	63.0	31.0	1.6	—	—
施工中(90分)	25.5	48.5	31.0	1.5	—	—

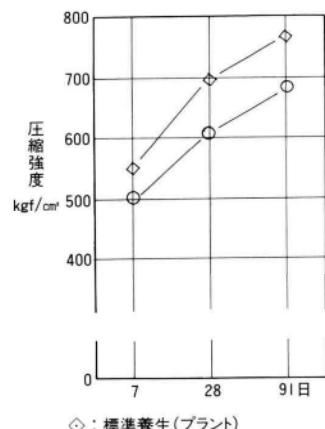


図-4 コンクリートの強度発現性

## (3) フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの品質管理は、プラントでの製造直後、現場施工前(約40分後)および施工途中の3回実施したが、スランプフローの低下は少なく施工性に影響は与えていない。

現場施工前には、前出の充填性試験 (5cmメッシュ) も実施した。室内実験と同様な試験方法による試験結果を表-5に示す。

強度発現性は現場施工時のコンクリートについて供試体を作成した。強度試験結果を図-4に示す。

#### (4) 現場作業状況

今回製作した架台のコンクリート充填量は最小0.4m<sup>3</sup>、最大1.7m<sup>3</sup>である。

締固め不要コンクリートの打設は注入圧を一定に保つとともに箱桁内の流動状態を中断させないことが重要な要素になる。

そこで、打設設備として写真-7のように、架台上に1m<sup>3</sup>ホッパー（コック付き）を固定し、打設時の高さを一定とした。別に用意した0.3m<sup>3</sup>のホッパーによりアシテーターからくり返し架台上のポッパーにコンクリートを投入した。箱桁とはサニーホース（100A）で連結してある。

このようにして、オーバーフロー孔に立てたホースに50cm位までコンクリートが流出するまで、一気に充填することができた。1.7m<sup>3</sup>の充填所要時間は15分である。

#### (5) 充填状況

ダイヤフラムで区画された箱断面（図-3）へのコンクリート充填状況の検証を、各区画のエアーバッキン孔を利用して、各区画へのコンクリートの到達時間を測定した。

測定状況を図-5に示すが、2ケースとも安定した状態にあると言える。

充填した架台は4週強度の発現を待って、たたき検査によりエアーバッキンによる不充填箇所のチェックを行い、確実に充填されていると判断した。

現状では充填状況を超音波検査などにより検証する有効な方法は実用化されていない。

#### (6) 供試体の断面切削による充填状況の確認

鋼断面内のコンクリートの充填状況を検証する項目として

- ① 気泡の残り方
  - ② 粗骨材とモルタルの分離状況
  - ③ 鋼板とコンクリートとの肌すき
- などが挙げられる。

筆者等はコンクリート打設直後から、コンクリートの収縮による肌すきを測定すべく、短い供試体を別に作成し、測定を行ったが有効な結果を得るにいたらなかった。

直接観測する方法として、コンクリートが充填された断面を切削し、マクロ試験体を作成した（図-6）。写真-8は、材令1年以上のマクロ写真である。

この写真から見るかぎりでは、打設時に上面になる部

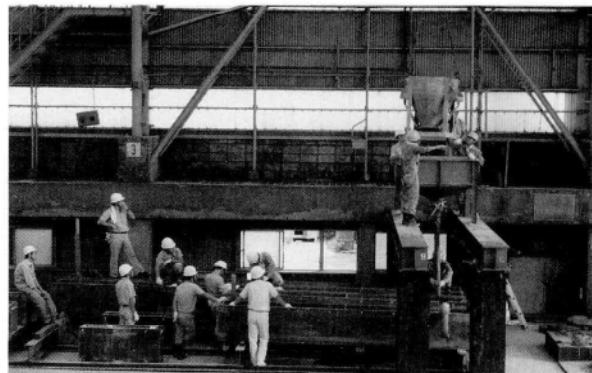


写真-7 長尺架台への充填状況

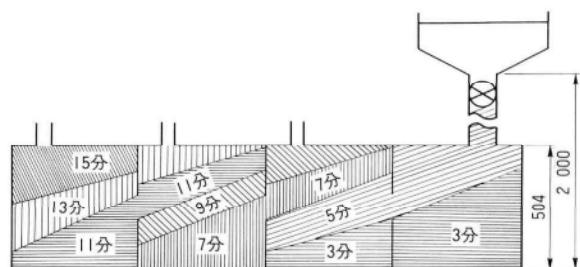


図-5 箱桁内へのコンクリート充填作業時の経過時間と充填状況  
(箱桁寸法；450×463×7650mm)

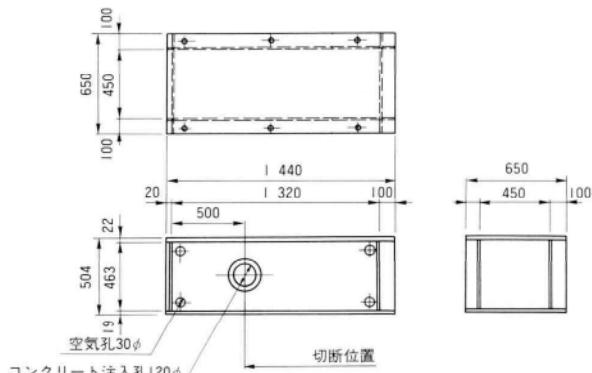


図-6 充填確認用供試体



写真-8 切断面のコンクリート充填状況

分をも含めて、充填性は良好であると判断できる。

## 5. あとがき

最近注目されているスラグ系の締固め不要コンクリートを、箱断面内へ充填させて一体化させる構造材は、サンドイッチ構造などの合成構造部材の有効な製作手段になりうる。

本報告では、従来無収縮モルタルでなければ充填できなかつた複雑な鋼断面内への密実な充填作業が、締固め不要コンクリートの実用化によって十分可能になり、今後、鋼構造の分野でも広く用いられる工法になり得ると考える。

## 6. 謝辞

締固め不要コンクリートの実験に当たっては、東京大学工学部土木工学科コンクリート研究室の岡村教授・小沢講師には、コンクリートの配合設計をはじめ試験の指導をいただきました。

新日本製鐵(株)鉄構海洋事業部土木事業開発部の盛高、

木村、義若の各氏には充填施工実験において、㈱エヌエムビー中央研究所の岡沢課長はじめみなさんには架台への充填施工実験においてお世話になりました。誌上を借りて深謝するだいです。

## 〈参考文献〉

- 1) 栖原、西牧、松石、竹下、岩田；鋼板とコンクリートから構成されるサンドイッチ式複合構造物の強度に関する研究（第1報～第3報）、日本造船学会論文集第141号、142号、145号
- 2) 秋山、小関、平、佐々木；鋼・コンクリート合成サンドイッチ構造部材の終局耐力、合成構成の活用に関するシンポジウム講演論文集、1986年9月
- 3) 岡村甫；新しいコンクリート材料への期待、セメント・コンクリートNo.475、1986年9月
- 4) 義若、小門、木村、盛高、清水；スラブ系締固め不要コンクリートの二重鋼殻構造への充填施工実験、土木学会第45回年次学術講演会講演概要集、平成2年9月

1992.1.14受付

## グラビア写真説明

### 八谷大橋

八谷大橋の架設される大峠道路は、喜多方市岩月町宮津を起点とし、米沢市八田沢味清水を終点とする延長25.2kmでありトンネル14箇所、橋梁25橋を数える大規模事業となっています。

この路線のうち、福島、山形県にまたがる大峠は、明治15年に当時県令の三島通庸によって着工され、会津地方の県民による文字どうり汗と涙の大事業によって完成されたものでした。しかし現道は巾員狭隘であるうえ、地形が急峻で線形も著しく蛇行しており幹線道路としての機能を果せない状況にあり、又、峠付近では標高が1,250mにもなり、冬期は最大積雪深が6mとなることから、約6ヶ月間は交通途絶を余儀なくされています。

大峠道路（八谷大橋）の供用は平成4年に予定されていますが、供用されることにより冬期間でも通行可能になり大峠を越えるのに要する時間が大幅に短縮されるようになります。（会津若松、米沢間が距離にして12km、時間にして約35分短縮）又、南東北地方の背骨としての幹線道路が強化され、地域の産業、観光の発展が促進されることでしょう。（佐々木）

# 極厚TMCP鋼の母材特性および溶接性の研究(その3)

## Base Metal and Welding Characteristics of Extremely Thick TMCP Steel (Part3)

中野秀二\* 田中一男\*\* 大月真一\*\*\*  
*Shuuji NAKANO Kazuo TANAKA Shinichi OHTSUKI*

### Summary

TCMP(thermo-mechanical control process) steel, which possesses high strength and cold toughness along with good weldability, has come to be used often to meet the increasing need for strong, thick materials arising from greater demand for multistory buildings.

Following reports on SM50B which appeared in Parts 1 and 2 of this study, Part 3 presents the results of tests conducted on the base metal and welding characteristics of SM53B(SM520B) TMCP steel and makes comparisons with conventional steel.

### 1. まえがき

すでに二回にわたり、極厚のSM50B-TMCP鋼( $t=40\text{mm}$ 、 $t=50\text{mm}$ 、 $t=80\text{mm}$ および $t=90\text{mm}$ )の母材特性および溶接性について、「これ等の鋼材を建築鉄骨に使用するにあたり特に問題のないこと」を報告した。

最近、橋梁においては従来よりごく一般的に用いられているSM53B鋼も、建築鉄骨用鋼材としてTMCP鋼で製造され広く用いられている。

そこで、SM53B-TMCP鋼( $t=45\text{mm}$ )を用いて母材試験およびエレクトロスラグ溶接、二電極サブマージアーク溶接、炭酸ガス自動溶接による各種施工試験を実施した。

また、従来鋼との相違を明確にするため、板厚36mmのSM53Bを用いてその母材特性および一部溶接特性の試験を実施した。

これ等の試験結果についてここで報告する。

### 2. 供試材料

今回使用したSM53B-TMCP鋼( $t=45\text{mm}$ )およびSM53B-従来鋼( $t=36\text{mm}$ )は、いずれも新日本製鐵株式会社製の鋼材である。その鋼材検査証明書の値と化学成分の製品分析結果を表-1に示す。溶接材料は、表-2に示すごとくSM50用のものを使用した。

表-1 供試鋼材のミルシートの値と化学成分分析結果

鋼種		化学成分(Wt%)						機械的性質					メーカー
		C	Si	Mn	P	S	Ceq %	衝撃値 kgf·m	降伏点 kgf/mm <sup>2</sup>	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>	伸び %	降伏比 %	
45mm (SM53B) TMCP鋼	ミルシート	0.16	0.29	1.35	0.017	0.002	0.40	20.8	49	64	26	77	新日鐵 (君津)
	t/4分析	0.16	0.29	1.35	0.016	0.001	0.40	—	—	—	—	—	
36mm (SM53B) 従来鋼	ミルシート	0.15	0.33	1.43	0.016	0.002	0.42	24.7	41	54	33	76	新日鐵 (名古屋) 備考 V=0.04
	t/4分析	0.16	0.32	1.46	0.017	0.002	0.43	—	—	—	—	—	
50mm (SM50B) TMCP鋼	ミルシート	0.12	0.23	1.30	0.007	0.002	0.35	35.0	38	52	28	73	新日鐵 (君津)
	t/4分析	0.11	0.24	1.32	0.007	0.002	0.35	—	—	—	—	—	
40mm (SM50B) TMCP鋼	ミルシート	0.13	0.19	1.10	0.009	0.002	0.33	27.0	39	56	26	70	住友金属
	t/4分析	0.13	0.19	1.10	0.008	0.001	0.33	—	—	—	—	—	

\* 松本工場製造部生産技術課課長代理

\*\*\* 松本工場製造部生産技術課

\*\* 松本工場製造部長

表-2 溶接材料及び溶接条件

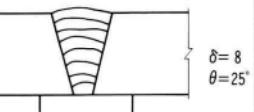
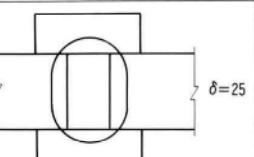
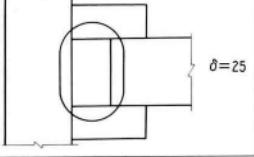
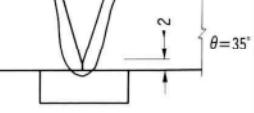
溶接方法	溶接材料		TMCP鋼 45mm					従来鋼 36mm					積層形状
	規格	銘柄	電流(A)	電圧(V)	速度(cm/min)	姿勢	バース最大入熱	電流(A)	電圧(V)	速度(cm/min)	姿勢	バース最大入熱	
炭酸ガス自動溶接	JIS Z3312 YGW11	MG-1 1.6φ (神鋼) CO <sub>2</sub> 100%	①380	38	22	F	KJ/cm 39	①380	38	22	F	KJ/cm 39	
			②400	39	21	F	45	②400	39	21	F	45	
			③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧	40 430	20 16	F	65	③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧	40 430	20 18	F	57	
エレスラ溶接(平型)	JIS Z3312 YGW17	YM-55A1.6φ (日溶工)	380	52	2.1	V	565	380	52	2.4	V	494	
エレスラ溶接(+字)	同上	同上	//	//	//	//	//						
タンデムサブマージ溶接	JIS Z3183 SS02-H	Y-A 6.4φ NSH-52 (日溶工)	1 850 1 300	38 48	20	F	398	1 650 1 200	36 45	30	F	227	

表-3 母材試験一覧表

種類	方向	試験片採取部位	数量	試験片形状
引張試験	L	板厚断面	3	JIS Z 2201 1号
		丸棒表層下 2 mm 14φ	3	// 14号
		丸棒 t/2 14φ	3	// 14号
	C	板厚断面	3	JIS Z 2201 1号
		丸棒表層下 2 mm 14φ	3	// 14号
	Z	丸棒 t/2 14φ	3	// 14号
衝撃試験 *1	L	丸棒 10φ	3	WES 1106
		表層下 2 mm	1	JIS Z 2202 4号
	C	t/2	1	//
	Z	表層下 2 mm	1	//
		t/2	1	//
硬さ	L	Z	1	JIS Z 2244
	C	Z	1	//
側曲	L	板厚	1	JIS Z 3122 3号
	C	板厚	1	//
ミクロ組織	L	表層下 1/4t 1/2t	1	
	C	// // //	1	

\*1: 試験温度 0 °C

### 3. 試験の種類および方法

TMCP鋼 ( $t=45\text{mm}$ ) および従来鋼 ( $t=36\text{mm}$ ) の母材試験は、表-3 母材試験一覧表に示すように、ロール方向・ロール直角方向および板厚方向について実施した。

溶接特性を確認するための溶接試験方法を表-4 溶接試験一覧表に示した。この試験のうち、溶接熱影響部の最高硬さ試験 (JIS Z3101) および斜めY形溶接われ試験 (JIS Z3158) については、TMCP鋼との比較のために従来鋼 ( $t=36\text{mm}$ ) についても実施した。

溶接試験については、炭酸ガス自動溶接試験体の試験片採取要領の例を図-1に示した。採取試験片は、マクロ試験、継手全断面引張試験および各種部位の衝撃試験等の他に、熱影響部の軟化の影響を確認するため、図-2 継手丸棒試験片の採取要領に示したように、JIS Z3111 (溶着金属の引張試験方法) のA1号試験片に準拠した試験片を採取した。形状は直径(D)12.5mm、平行部の長さ(P)は、両側の熱影響部の中心より30mm母材側までとし、熱影響部の軟化域が試験片平行部に入るよう考慮した。

表-4 溶接試験一覧表

45mm : TMCP鋼 36mm : 従来鋼

溶接方法		炭酸ガス自動溶接	エレスラ溶接(平型)	エレスラ溶接(十字)※2	タンデムサブマージ溶接
試験体形状					
マクロ・硬さ	JIS G 0553 JIS Z 3101	1	1	1	1
継手引張	JIS Z 3120	2	2	2	2
十字引張	JASS 6 (付則3)	—	—	2	—
丸棒引張	表層下 2 mm t/2	JIS Z 3111 JIS Z 3111	3 3	3 —	3 3
衝撃試験	Depo 表層下 2 mm t/2	JIS Z 3111 //	1 1	1 1	1 1
	Bond 表層下 2 mm t/2	// //	1 1	1 1	1 1
	HAZ 表層下 2 mm t/2	// //	1 1	1 1	1 1
	側曲	JIS Z 3122	2	2	—
十字曲	JASS 6 (付則3)	—	—	2	—
全溶着金属引張り	JIS Z 3111	2	2	—	2
斜めY形溶接われ	JIS Z 3158	試験温度 RT、50°C、75°C、100°C 各1体			
最高硬さ	JIS Z 3101	同上			

※1 : ハサミ板部のBond、HAZを示す。

※2 : エレスラ溶接(十字)はTMCP鋼のみ。

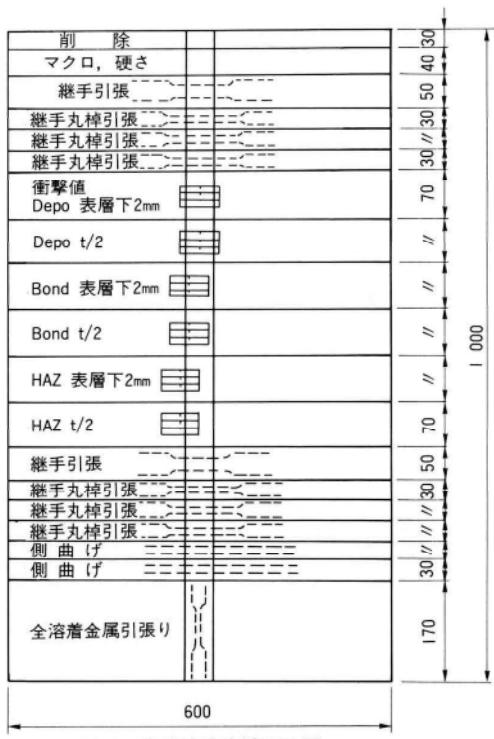
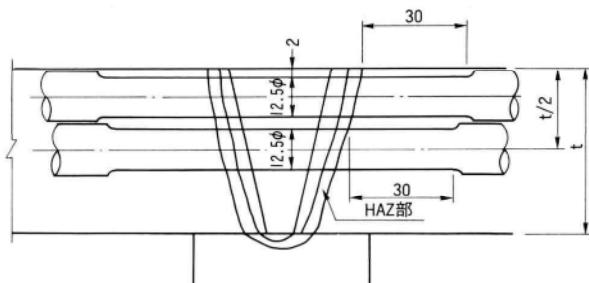
図-1 溶接試験片採取要領  
(炭酸ガス自動溶接)

図-2 継手丸棒引張試験片

また、全溶着金属の引張り強さを確認するため、JIS Z 3111(溶着金属の引張試験方法)のA1号試験片を溶着金属の初層側および最終層側の二部位について採取した。

#### 4. 溶接条件

表-2に本試験の溶接材料、開先形状等溶接条件を示す。前報のSM50B-TMCP鋼と異なる点は、炭酸ガス半自動溶接をロボットによる自動溶接とし、使用溶接ワイヤ径を1.2mmφから1.6mmφに変えたこと、二電極サブマージアーチ溶接は1パス1ランによる溶接方法としたことである。それ等に伴い、いずれも溶接入熱は増大している。エレクトロスラグ溶接は前回と同様、非消耗式による溶接方法とした。

#### 5. 結果および考察

##### (1)母材特性

各種の母材試験で確認されたTMCP鋼の特徴について以下に述べる。

① 表-1に化学成分の製品分析結果を示す。従来鋼より炭素当量が低減していることが確認できる。

② 図-3に板厚断面の硬さ分布を示す。硬さ分布は、板厚全体に渡って均一である。また、TMCP鋼は従来鋼

に比べると全体的に20~30(Hv10)程度硬さが高目である。これは、今回の供試鋼材の引張り強さが、TMCP鋼は64kgf/mm<sup>2</sup>、従来鋼は54kgf/mm<sup>2</sup>であり、強度レベルの相違と良く対応している。したがって、この硬さレベルの相違はTMCP鋼と従来鋼の相違とは結論づけられない。

③ 機械的性質については、表-5a(TMCP鋼)、表-5b(従来鋼)に示し、図-4に荷重~伸び曲線の一例を示す。

- ・引張り強度特性は、いずれも良好な値であり、ロール方向・ロール直角方向による差異も見られない。
- また、板厚方向の引張り試験の絞り値も70%を越え非常に良い結果である。TMCP鋼の場合、表層下の引張り強さが1/2t部位よりやや高い値を示す傾向は、前報のSM50B-TMCP鋼と同様である。

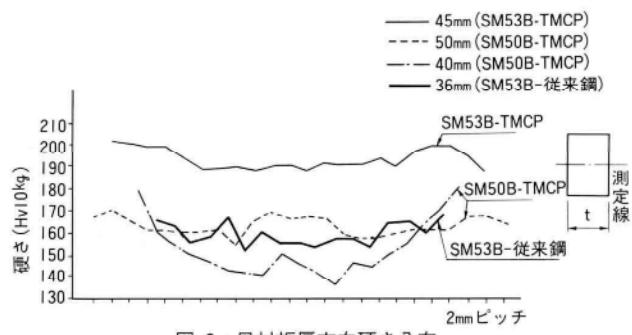


図-3 母材板厚方向硬さ分布

表-5a 母材試験結果(TMCP鋼)

試験の種類	採取部位	方向	降伏点 kgf/mm <sup>2</sup>	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>	降伏比 %	伸び %	絞り %
引張試験	全 厚	L	49.1	64.0	77	24	—
		C	47.8	62.1	77	28	—
	丸 棒 表層下 2 mm	L	49.5	65.5	76	25	74
		C	48.6	64.3	76	28	79
	丸 棒 t/2	L	47.3	63.7	74	26	75
	C	47.3	63.5	74	26	78	
	丸 棒	Z	47.5	62.8	76	20	72
衝撃試験	表層下 2 mm	L	25.7 kgf·m				
		C	23.6				
	t/2	L	22.4				
		C	18.3				
	t/2	Z	8.0				
側 曲	全 厚	L	良好				
		C	良好				
			試験片 t = 10 曲げ R = 19				

表-5b 母材試験結果(従来鋼)

試験の種類	採取部位	方向	降伏点 kgf/mm <sup>2</sup>	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>	降伏比 %	伸び %	絞り %
引張試験	全 厚	L	39.1	53.4	73	34	—
		C	39.7	53.3	74	33	—
	丸 棒 表層下 2 mm	L	37.8	53.4	71	35	80
		C	41.0	53.9	76	32	77
	丸 棒 t/2	L	39.3	54.4	72	33	77
	C	38.6	54.0	71	21	76	
	丸 棒	Z	38.5	54.2	71	28	74
衝撃試験	表層下 2 mm	L	27.0 kgf·m				
		C	22.7				
	t/2	L	28.9				
		C	26.2				
	t/2	Z	10.5				
側 曲	全 厚	L	良好				
		C	良好				
			試験片 t = 10 曲げ R = 19				

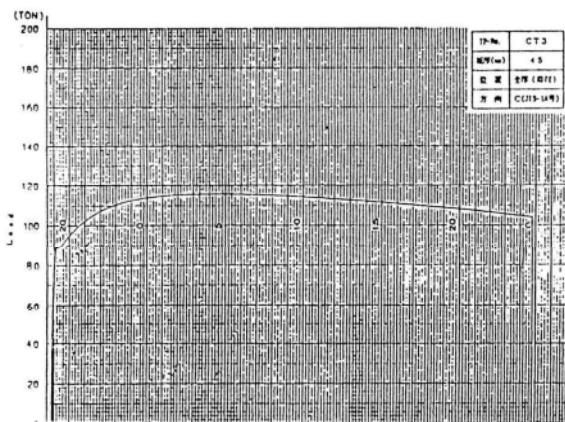


図-4 荷重～伸び曲線(TMCP鋼)

- ・母材衝撃試験結果は、JIS規定値の無い板厚方向でやや低下する傾向にあるが、いずれの方向においても良好な結果と言える。
- ・側曲げ試験はいずれも良好な結果である。

④ 板厚断面のミクロ組織を従来鋼と比較して写真-1に示す。従来鋼に比べ、組織がより微細化され、板厚断面方向にも均一で良好な結果である。

以上SM53B-TMCP鋼の母材特性について、従来鋼およびSM50B-TMCP鋼と比較しながら試験結果をまとめた。その結果、炭素当量・板厚断面のミクロ組織等にSM53B-従来鋼との相違が見られるが、これはTMCP鋼の製法から当然と考えられる。また、前述したように板厚断面の硬さ分布の相違については、同程度の強度レベルの供試鋼材により試験を実施し確認する必要があると思われる。

引張り、衝撃および曲げ試験等の結果はいずれもJIS規定値を満足しており、いずれの方向にも異方性が無いことが確認できた。

## (2) 溶接性

各種の破壊試験に先立って実施した超音波探傷試験はいずれの試験体も良好な結果であった。以下に各種の溶接試験で確認された事柄について述べる。

① 斜めY形溶接われ試験の結果を表-6に示す。従来鋼は室温(20°C)で断面われが発生しているが、TMCP鋼の場合、いずれの試験温度でもわれは発生せず、溶接性が改善されていることを確認できた。

② 最高硬さ試験の結果を図-5に示す。手溶接、炭酸ガス半自動溶接いずれの場合も、TMCP鋼は従来鋼より最高硬さの値が低い。また、われを生じない基準値Hvmax=

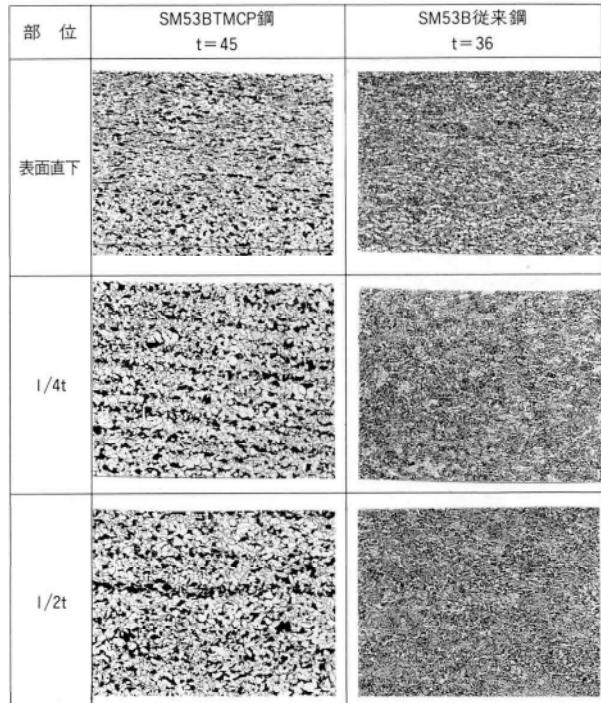


写真-1 母材板厚断面ミクロ(×100)

表-6 斜めY形溶接われ試験結果

試験温度 (°C)	断面われ率(%)	
	TMCP鋼	従来鋼
RT	0	43
50	0	0
75	0	0
100	0	0

RT: 20°C  
溶接条件: 炭酸ガス半自動溶接  
YM-26 1.2φ、280A、32V

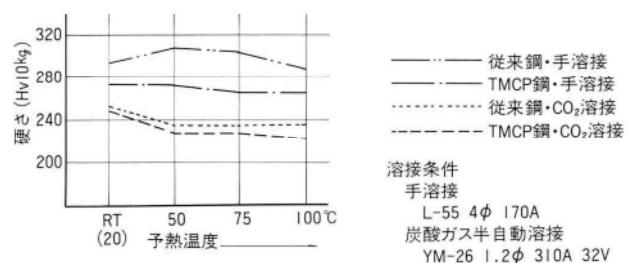


図-5 最高硬さ試験結果

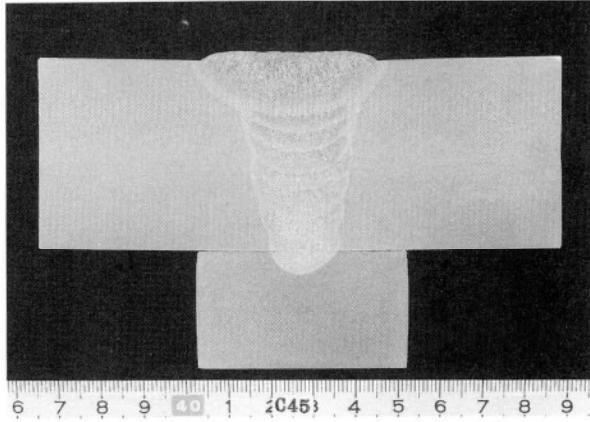


写真-2(a) 炭酸ガス自動溶接

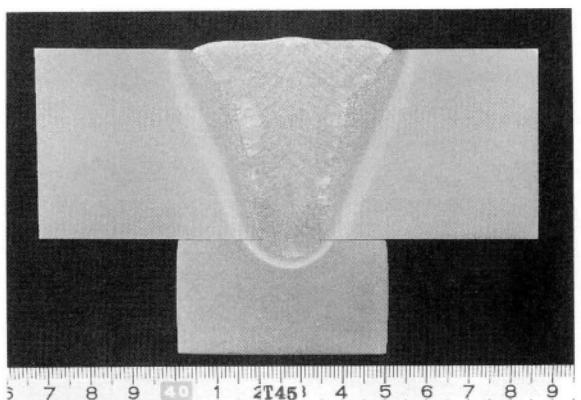


写真-2(b) タンデムサブマージ溶接

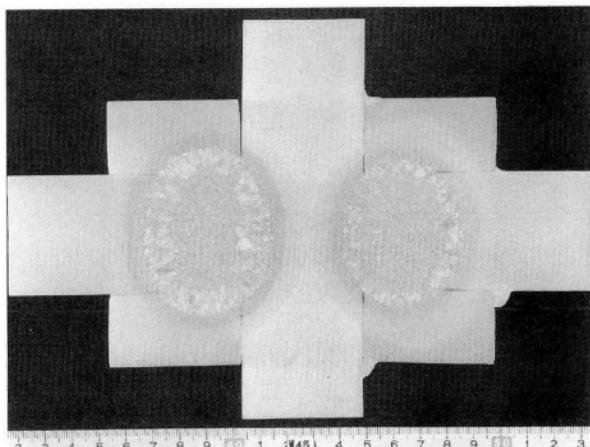


写真-2(c) エレクトロスラグ溶接(十字型)

写真-2 溶接継手部のマクロ写真

350(鉄骨工事技術指針・工場製作編:日本建築学会)を十分下回りまったく問題ない。

上述の斜めY形溶接われ試験および、最高硬さ試験の結果より今回の供試鋼材SM53B-TMCP鋼( $t=45\text{mm}$ )では、室温 $20^\circ\text{C}$ においては、予熱なしでも溶接施工が可能である。

③ 繼手部のマクロ試験を写真-2a, 2b, 2cに示す。いずれも良好な結果である。

④ 溶接継手部の硬さ分布図のうち、TMCP鋼と従来鋼の炭酸ガス自動溶接およびタンデムサブマージ溶接、TMCP鋼のエレスラ溶接の表面下 $2\text{mm}$ の例を図-6a~6eに示す。

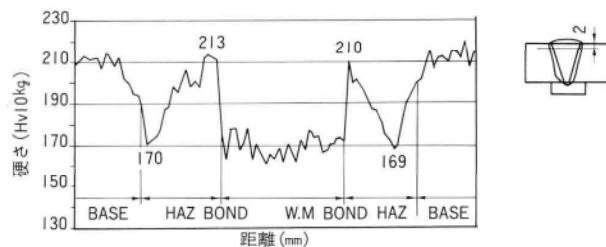


図-6a 炭酸ガス自動溶接表面下 $2\text{mm}$ 硬さ分布図  
(TMCP鋼 SM53B  $t=45\text{mm}$ )

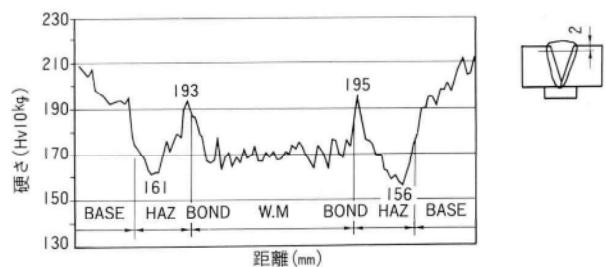


図-6b タンデムサブマージ溶接表面下 $2\text{mm}$ 硬さ分布図  
(TMCP鋼 SM53B  $t=45\text{mm}$ )

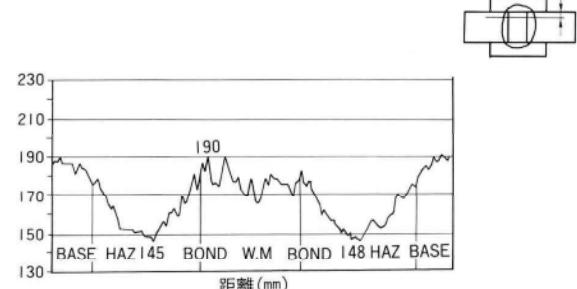


図-6c エレスラ溶接表面下 $2\text{mm}$ 硬さ分布図  
(TMCP鋼 SM53B  $t=45\text{mm}$ )

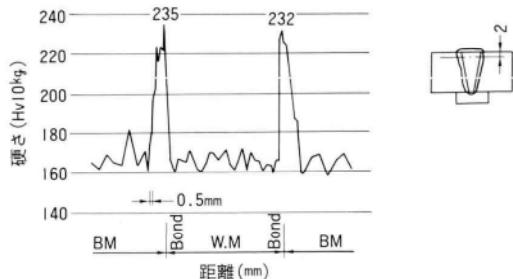


図-6d 炭酸ガス自動溶接表面下2mm硬さ分布図  
(従来鋼 SM53B t=36mm)

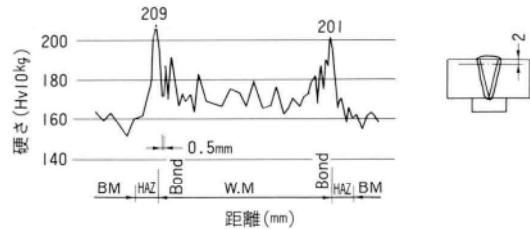


図-6e タンデムサブマージ溶接表面下2mm硬さ分布図  
(従来鋼 SM53B t=36mm)

表-7a 継手丸棒引張試験結果およびHAZ HV<sub>min</sub>、入熱量  
(SM53B t=45mm TMCP鋼)

種類	継手丸棒引張り			HAZ HV <sub>min</sub>	1バス入熱 KJ/cm
	部位	降伏点 kgf/mm <sup>2</sup>	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>		
炭酸ガス自動溶接	表面	43.4	53.0	Depo	169
	//	—	54.0	Depo	//
	//	43.4	54.2	Depo	//
	½t	43.6	55.0	Depo	172
	//	42.5	55.2	Depo	//
	//	42.1	55.0	Depo	//
エレスラ溶接(平型)	表面	—	56.6	HAZ	145
	//	38.9	55.7	HAZ	//
	//	39.4	55.9	HAZ	//
	½t	—	58.0	HAZ	146
	//	37.6	55.4	HAZ	//
	//	37.2	55.8	HAZ	//
タンデムサブマージ溶接	表面	—	55.2	Depo	156
	//	—	55.3	Depo	//
	//	—	56.2	Depo	//
	½t	—	54.2	Depo	148
	//	—	54.8	Depo	//
	//	—	54.7	Depo	//

表-7b 継手丸棒引張試験結果およびHAZ HV<sub>min</sub>、入熱量  
(SM53B t=36mm 従来鋼)

種類	継手丸棒引張り			HAZ HV <sub>min</sub>	1バス入熱 KJ/cm
	部位	降伏点 kgf/mm <sup>2</sup>	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>		
炭酸ガス自動溶接	表面	38.7	53.4	Depo	159
	½t	37.7	55.0	Depo	160
タンデムサブマージ溶接	表面	—	55.3	HAZ	151
	½t	41.1	54.8	Depo	150
エレスラ溶接(平型)	表面	39.8	54.3	HAZ	136
	½t	39.0	55.3	HAZ	143

表-7c 継手丸棒引張試験結果およびHAZ HV<sub>min</sub>、入熱量  
(SM50B t=40mm t=50mm TMCP鋼)

種類	板厚 mm	継手丸棒引張り			HAZ HV <sub>min</sub>	1バス入熱 KJ/cm
		部位	降伏点 kgf/mm <sup>2</sup>	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>		
炭酸ガス半自動溶接	40	表面	41	50	HAZ	150
		½t	33	49	HAZ	130
エレスラ溶接(平型)	50	表面	39	52	BM	160
		½t	41	55	BM	165
タンデムサブマージ溶接	40	表面	33	48	HAZ	140
		½t	35	47	HAZ	130
	50	表面	32	50	HAZ	140
		½t	33	51	HAZ	145
	40	表面	35	49	HAZ	130
		½t	34	47	HAZ	120
	50	表面	41	53	HAZ	160
		½t	36	51	HAZ	150

(参考：官地技報 No.6 1990)

分布図よりボンド部の最高硬さの値は、いずれの溶接の場合もTMCP鋼は従来鋼に比べ10~20(Hv10)低い値であり、TMCP鋼の有利性が確認できる。

また、TMCP鋼の熱影響部の最小値は、

炭酸ガス自動溶接では、Hv<sub>min</sub>=169

タンデムサブマージ溶接では、Hv<sub>min</sub>=156

エレスラ溶接では、Hv<sub>min</sub>=145

であり、溶接入熱量の増大に伴って低下する傾向にあるものの、著しい軟化は発生していない。

⑤ 継手丸棒引張り試験の結果を表-7a, 7bに示す。引張り強さは、いずれもSM53Bの母材規格値を満足している。前報のSM50B-TMCP鋼では、板厚40mmの一部に母材規格値を若干下回るものがあったが(表-7c参照)、それ等にくらべ良好な結果と言える。

⑥ 溶接継手部全断面引張り試験の引張り強さは、表-8a, 8bに示すごとく、破断位置にかかわらずいずれも母材規格値を満足している。

⑦ 全溶着金属引張り試験は、図-7に示した要領で溶着金属部の初層側および最終層側で採取した。引張り強さの結果は表-9a, 9bに示すごとく、いずれもSM53Bの母材規格値を満足している。したがって、溶接継手部全断面引張り試験の結果とも合せて考えると、SM53B-TMCP鋼にSM50用の溶接材料を用いて溶接できることが確認できる。

⑧ 溶接継手部の各種部位の衝撃試験の結果を表-10a, 10bに示す。エレクトロスラグ溶接のボンド部およびDepo部で低い傾向が見られ、従来鋼のDepo部において母材規格値を下回った。その他はいずれも良好な結果である。

以上SM53B-TMCP鋼の溶接特性についてまとめて述べた。その結果、今回の試験板厚では、室温20°C程度であれば溶接施工における予熱はとくに実施しなくても良いと考えられる。しかし、さらに板厚が厚い場合、あるいは室温がもっと低い場合における施工条件については、確認が必要であると思われる。

表-8a 溶接継手全断面引張試験結果  
(SM53B t=45mm TMCP鋼)

種類	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>	破断位置
炭酸ガス自動溶接	58.4	Depo
	58.4	Depo
エレスラ溶接(平型)	57.6	HAZ
	57.9	HAZ
エレスラ溶接 (十字)	58.7	側板HAZ
	58.5	側板HAZ
	57.1	側板HAZ
	57.5	ハサミ板
タンデムサブマージ溶接	55.4	Depo
	55.3	Depo

表-8b 溶接継手全断面引張試験結果  
(SM53B t=36mm 従来鋼)

種類	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>	破断位置
炭酸ガス自動溶接	55.8	Depo
	56.2	Depo
タンデムサブマージ溶接	55.9	Depo
	55.1	Depo
エレスラ溶接(平型)	54.8	HAZ
	54.9	HAZ

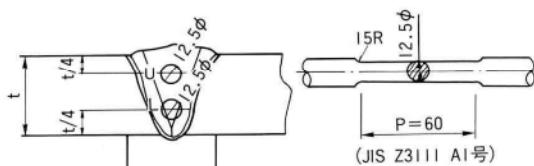


図-7 全溶着金属引張試験要領

表-9a 全溶着金属引張試験結果  
(SM53B t=45mm TMCP鋼)

種類	採取部位	断面	降伏点 kgf/mm <sup>2</sup>	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>	伸び %	絞り %
炭酸ガス自動溶接	U	12.5φ	41.3	53.7	28.5	71
	L	12.5φ	43.2	53.9	27.3	73
エレスラ溶接 (平型)	U	12.5φ	—	57.6	23.7	75
	L	12.5φ	—	58.0	25.5	74
タンデムサブマージ溶接	U	12.5φ	46.4	54.4	28.0	76
	L	12.5φ	38.9	53.2	31.0	72

表-9b 全溶着金属引張試験結果  
(SM53B t=36mm 従来鋼)

種類	採取部位	断面	降伏点 kgf/mm <sup>2</sup>	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>	伸び %	絞り %
炭酸ガス自動溶接	U	12.5φ	42.4	53.4	34.8	75
	L	12.5φ	48.3	57.3	30.0	70
タンデムサブマージ溶接	U	12.5φ	39.9	53.9	30.4	70
	L	12.5φ	42.4	55.2	29.0	68
エレスラ溶接 (平型)	U	12.5φ	—	56.4	20.8	41
	L	12.5φ	—	56.0	26.0	46

表-10a 溶接継手衝撃試験結果  
(SM53B t=45mmTMCP鋼)

溶接方法	板厚位置	ノッチ位置	吸収エネルギー(kgf·m)
炭酸ガス自動溶接	表面下	Depo	8.5
		Bond	8.2
		HAZ	13.3
	t/2	Depo	6.9
		Bond	12.4
		HAZ	29.6
タンデムサブマージ溶接	表面下	Depo	9.9
		Bond	8.2
		HAZ	7.1
	t/2	Depo	12.5
		Bond	9.5
		HAZ	5.6
エレスラ溶接(平型)	表面下	Depo	2.8
		Bond	3.9
		HAZ	24.8
	t/2	Depo	2.8
		Bond	2.8
		HAZ	27.8
エレスラ溶接(十字)	表面下	Depo	3.6
		Bond *	4.6
		HAZ *	26.5
	t/2	Depo	4.7
		Bond *	3.7
		HAZ *	25.8

\* : Z方向試験片

また、溶接入熱による継手ボンド部の硬化の程度は従来鋼に比べ少ない。一方、今回の試験においては、溶接熱影響部の軟化も、特に懸念する必要はなかった。

大入熱溶接、とりわけエレクトロスラグ溶接のDepo部の衝撃値に改善が見られた。

また、使用する溶接材料については、SM50用のもので、引張り強度をはじめとする、各種の機械的性能は十分満足するものであることが確認できた。

## 6.まとめ

今回の母材試験および各種溶接施工試験の結果より、SM53B-TMCP鋼は、建築鉄骨用鋼材として、良好な特性を有しており、従来鋼に比べ溶接時の予熱の軽減・溶接継手ボンド部の硬化の軽減等その優位性が明らかになっ

表-10b 溶接継手衝撃試験結果  
(SM53B t=36mm従来鋼)

溶接方法	板厚位置	ノッチ位置	吸収エネルギー(kgf·m)
炭酸ガス自動溶接	表面下	Depo	9.2
		Bond	7.4
		HAZ	19.6
	t/2	Depo	6.3
		Bond	15.8
		HAZ	27.6
タンデムサブマージ溶接	表面下	Depo	8.8
		Bond	6.2
		HAZ	10.8
	t/2	Depo	10.0
		Bond	8.0
		HAZ	5.3
エレスラ溶接(平型)	表面下	Depo	1.6
		Bond	4.7
		HAZ	15.2
	t/2	Depo	1.6
		Bond	6.3
		HAZ	3.3

た。

今後の課題として、SM53B級の鋼板は今回の試験板厚よりさらに極厚鋼板が使用される可能性があり、これらの厚板での試験による確認が必要である。

最後に本研究に当り、供試鋼材の提供ならびに各種試験実施に御協力を頂いた新日本製鐵株式会社の関係各位に心より御礼申上げます。

## 〈参考文献〉

- 1) 田中、中野、大月：極厚TMCP鋼の母材特性および溶接性の研究、宮地技報No.5、1989
- 2) 田中、中野：極厚TMCP鋼の母材特性および溶接性の研究(その2)、宮地技報No.6、1990

1991.11.25受付

# レーザ切断材の疲労強度に関する基礎研究

## Basic Study on Fatigue Strength of Steel Plates cut by Laser

百瀬敏彦\*  
Toshihiko MOMOSE

### Summary

The fatigue strength of steel plates cut by various processes must be known in order to design structures which undergo dynamic loads, such as bridges.

This paper reports fatigue strengths obtained from experiments on steel plates cut by lasers. Specimens were 10-mm thick SM490YA and 9-mm thick SS400. Also, the fatigue strength of SM490YA was measured after it was cut by plasma and gas processes, in addition to the laser process.

### 1. まえがき

鋼橋の製作における鋼板の切断には、ガス切断法およびせん断法などが使用されている。一般的には、主要部材の切断方法は品質確保の点から自動ガス切断が用いられている。しかし、近年における切断技術の発展によりガス切断以外の切断方法も使用されている。その一つの方法として電気エネルギーを利用したプラズマ切断法があり、他の方法は光エネルギーを利用したレーザ切断法である。プラズマ切断法は、高温・高流速のアークプラズマを熱源として用いる切断法であり、ガス切断の場合と異なり、被切断材の材質を選ばずに比較的良好な切断が行える。また、切断速度も速く、良好な切断面も得られ、切断変形が少ない。しかし、切断溝幅は多少広く、ペペル角がつく欠点がある。レーザ切断法は、今まで数mm以下の薄い板厚の鋼板などに使用されていたが、大出力のCO<sub>2</sub>レーザ発振器の開発により、十数mm位の中板厚の切断が可能となってきた。0.2~0.5mm程度の狭幅の切断溝が得られ、切断変形も少ない。しかし、切断速度はプラズマ切断法に比べ多少遅い。いずれの切断法ともNC制御機と組み合わせて鋼板の切断に使用されてきている。

鋼橋のように動的な荷重を受ける構造物を設計するにあたり、プラズマ切断法やレーザ切断法によって切断された鋼板の疲れ強さを知っておく必要がある。

自動ガス切断によって切断された鋼板の疲れ強さは、

\* 千葉工場製造部生産技術課

田島<sup>1)</sup>および岡田<sup>2)</sup>らによって報告されているが、プラズマ切断法およびレーザ切断法によって切断された鋼板の疲れ強さについてはあまり報告されていない。

そこで本研究は、橋梁で一般に使用されている鋼材のうち、SM50YA材とSS41材を使用してレーザ切断法によって切断された鋼板（以下レーザ切断材と呼ぶ）の疲れ強さを実験的に求めた。また、他の切断方法についても比較のために実施した。

### 2. 試験方法

#### (1) 試験片および試験片の製作要領

本研究に使用した鋼材は、板厚10mmのSM50YA材および板厚9mmのSS41材である。その鋼材の化学成分ならびに機械的性質を表-1に示す。SM50YA材については、機械加工、レーザ切断、ガス切断およびプラズマ切断を、

表-1 使用鋼材の化学成分および機械的性質

材質	板厚 mm	化学成分% <sup>1)</sup>					機械的性質 <sup>1)</sup>			ミルメー カ一
		C	Si	Mn	P	S	降伏点 (kgf/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	
SM50YA	10	0.16	0.45	1.43	0.012	0.001	45	57	22	新日鐵
SS41	9	0.15	0.21	0.53	0.011	0.009	26	44	30	NKK

注 1) 規格合格証明書(ミルシート)より

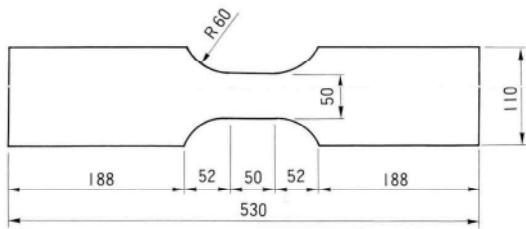


図-1 試験片形状

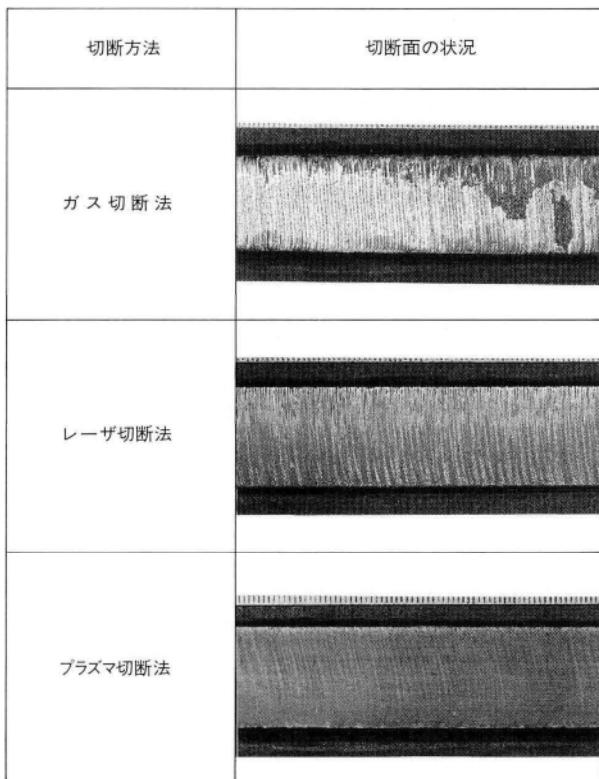


写真-1 切断面の状況

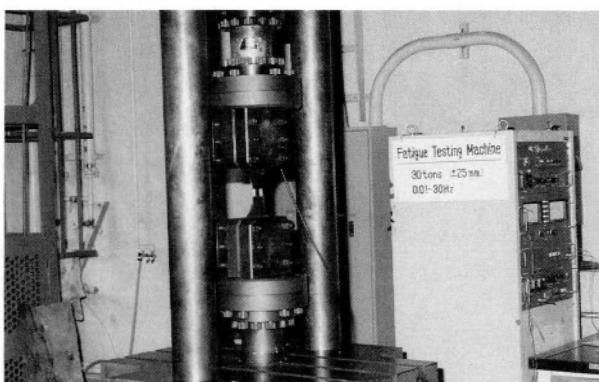
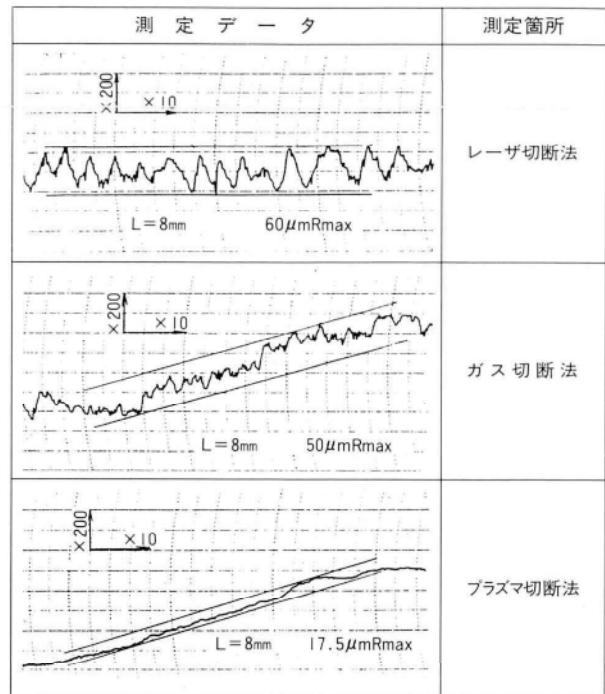


写真-2 試験状況



注) 測定位置は板厚中央

図-2 試験片の表面あらさ測定結果例

また、SS41材については機械加工およびレーザ切断をそれぞれについて行い、切断された鋼板（以下切断材と呼ぶ）の疲れ強さを実験的に検証した。

試験片形状を図-1に示す。試験片は大板のロール方向が長手方向となるように採取した。ガス切断およびプラズマ切断試験片は型切りとし、レーザ切断試験片はNC制御により製作した。いずれの試験片のR部もグラインダーを用いて、仕上げ方向が試験片の長手方向となるように仕上げた。機械加工試験片はセーパにより加工を行った。仕上げ方向は試験片の長手方向に対し直角方向（板厚方向）とした。

試験片製作後、切断面の表面あらさを接触式表面あらさ計を用いて測定した。その結果を図-2に示す。測定は板厚中央部付近とした。レーザ切断材は約60 S前後であり、ガス切断材は50 S程度、プラズマ切断材は20 S程度であった。切断面の状況を写真-1に示す。

## (2) 試験機および試験要領

本研究では大阪大学溶接工学研究所の20tonf油圧式疲労試験機を使用した。全試験を通して、下限応力を $\text{kgf}/\text{mm}^2$ として、上限応力を変化させた完全片振りで実施した。繰り返し速度は8 Hzから12 Hzの間で実施した。試験の状況を写真-2に示す。

### 3. 試験結果

疲労試験結果を表-2に示す。また、各切断材のS-N線図を図-3(1)~(6)に示す。(3)のSM50YA材のガス切断材については、田島<sup>1)</sup>および岡田<sup>2)</sup>が行ったガス切断材の疲労試験結果も記入した。疲労試験後の試験片の破断

状況および破断面の例を写真-3、4に示す。

図-3より各切断材の200万回疲れ強さを求めるとき、SM50YA材については機械加工材、レーザ切断材およびプラズマ切断材は、ほぼ同じ強度で約33kgf/mm<sup>2</sup>であり、ガス切断材は26kgf/mm<sup>2</sup>であった。ガス切断材の強度は機械加工材の80%であった。SS41材については機械加工材とレー

表-2 疲労試験結果

材質 (試験片記号)	番号	切断方法	断面			荷重			応力			繰返し回数 (×10 <sup>4</sup> )	備考
			板厚 (mm)	幅 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	最大 (kgf)	最小 (kgf)	全振幅 (kgf)	最大 (kgf/mm <sup>2</sup> )	最小 (kgf/mm <sup>2</sup> )	全振幅 (kgf/mm <sup>2</sup> )		
SM50YA (BT)	1	機械加工	10.1	49.8	503.0	19 800	0	19 800	39.4	0	39.4	34.3	
	2		10.1	49.8	503.0	15 000	0	15 000	29.8	0	29.8	200.0	破断せず
	3		10.1	50.1	506.0	19 500	0	19 500	38.5	0	38.5	49.8	
	4		10.1	50.1	506.0	18 300	0	18 300	36.2	0	36.2	70.2	
	5		10.1	50.1	506.0	17 400	0	17 400	34.4	0	34.4	200.0	破断せず
SM50YA (LAT)	1	レーザ	10.1	49.6	501.0	17 400	0	17 400	34.7	0	34.7	204.6	破断せず
	2		10.1	49.7	502.0	18 600	0	18 600	37.1	0	37.1	23.5	
	3		10.1	49.8	503.0	19 200	0	19 200	38.2	0	38.2	12.5	
	4		10.1	49.7	502.0	18 000	0	18 000	35.9	0	35.9	63.8	
	5		10.1	49.7	502.0	18 300	0	18 300	36.5	0	36.5	200.3	破断せず
	6		10.1	49.7	502.0	19 800	0	19 800	39.4	0	39.4	19.2	
SM50YA (GT)	1	ガス	10.1	50.5	510.1	19 200	0	19 200	37.4	0	37.4	16.8	
	2		10.1	50.8	513.1	18 600	0	18 600	36.3	0	36.3	31.1	
	3		10.1	51.0	515.1	18 000	0	18 000	34.9	0	34.9	32.3	
	4		10.1	51.1	516.1	17 400	0	17 400	33.7	0	33.7	36.4	
	5		10.1	51.4	519.1	16 200	0	16 200	31.2	0	31.2	58.4	
	6		10.1	50.7	512.1	13 500	0	13 500	26.4	0	26.4	200.1	破断せず
SM50YA (PT)	1	プラズマ	10.1	49.5	500.0	18 000	0	18 000	36.0	0	36.0	201.2	破断せず
	2		10.1	49.2	496.9	19 000	0	19 000	38.6	0	38.6	39.9	
	3		10.1	49.7	502.0	18 600	0	18 600	37.1	0	37.1	88.1	
	4		10.1	49.5	500.0	18 000	0	18 000	36.0	0	36.0	41.8	
	5		10.1	49.9	504.0	17 400	0	17 400	34.5	0	34.5	200.1	破断せず
	6		10.1	50.0	505.0	19 200	0	19 200	38.0	0	38.0	51.4	
SS41 (BT)	11	機械加工	8.8	49.9	439.1	14 400	0	14 400	32.8	0	32.8	26.6	
	12		8.8	49.9	439.1	12 600	0	12 600	28.7	0	28.7	146.2	
	13		8.8	49.9	439.1	11 100	0	11 100	25.3	0	25.3	200.3	破断せず
	14		8.8	50.0	435.0	13 200	0	13 200	30.3	0	30.3	79.6	
	15		8.8	50.0	435.0	13 800	0	13 800	31.7	0	31.7	31.7	
	16		8.8	50.0	435.0	12 000	0	12 000	27.6	0	27.6	90.3	
SS41 (LCT)	1	レーザ	8.8	49.8	438.2	13 200	0	13 200	30.1	0	30.1	200.1	破断せず
	2		8.8	49.8	438.2	15 000	0	15 000	34.2	0	34.2	4.4	
	3		8.8	50.0	440.0	14 400	0	14 400	32.7	0	32.7	12.3	
	4		8.8	50.2	441.8	14 100	0	14 100	31.9	0	31.9	11.0	
	5		8.8	49.8	438.2	13 500	0	13 500	30.8	0	30.8	55.8	
	6		8.8	49.9	439.1	12 600	0	12 600	28.7	0	28.7	23.7	

レーザ切断材の強度は同じで $26\text{kgf/mm}^2$ であった。

このようにレーザ切断材はSM50YA材およびSS41材とも機械加工材と同じ強度であり、50kgf鋼については鋼鉄道橋設計標準に定められた完全片振りの場合の許容応力

$\sigma_{ta}=1530\text{kgf/cm}^2$ を上まわっており、疲労に関しては十分安全側にあると考えられる。また、プラズマ切断材も機械加工材と同強度であるので同様に上記のことがいえる。

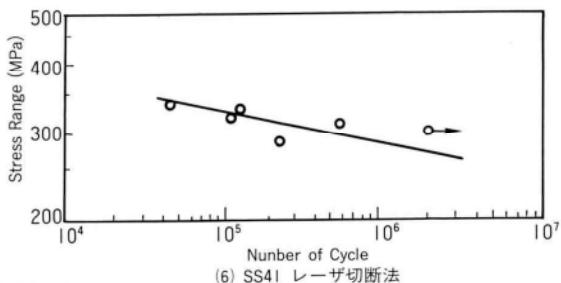
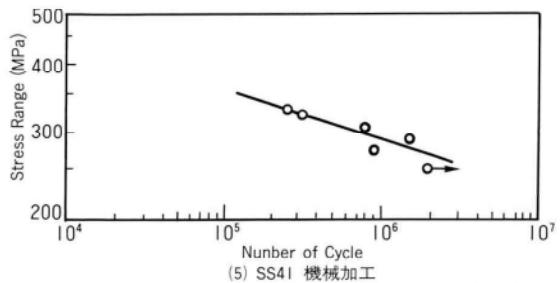
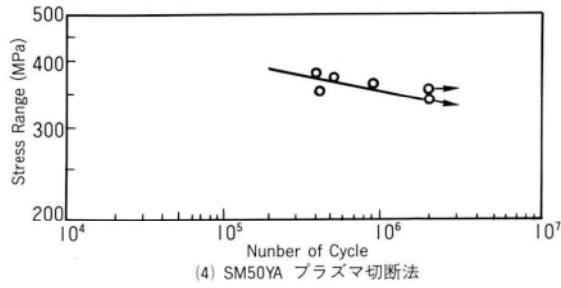
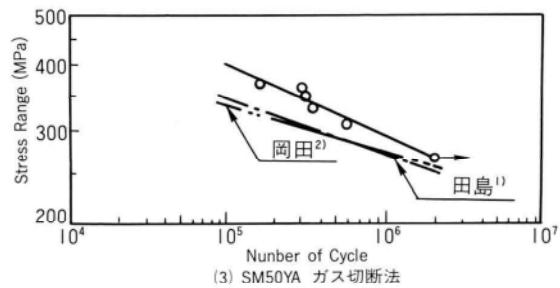
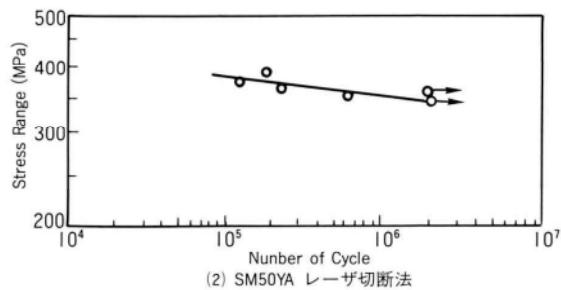
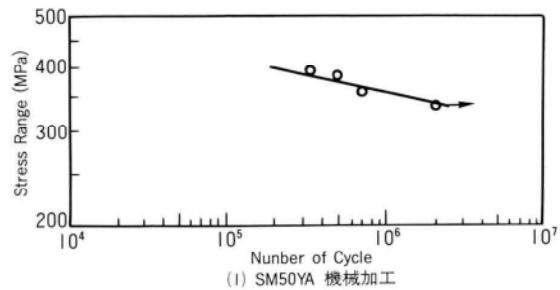


図-3 各切断材のS-N線図

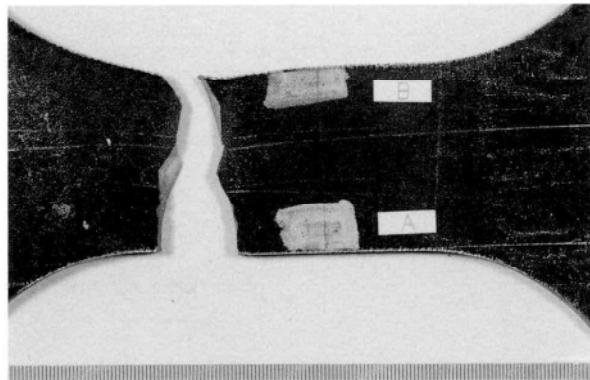


写真-3 破断状況

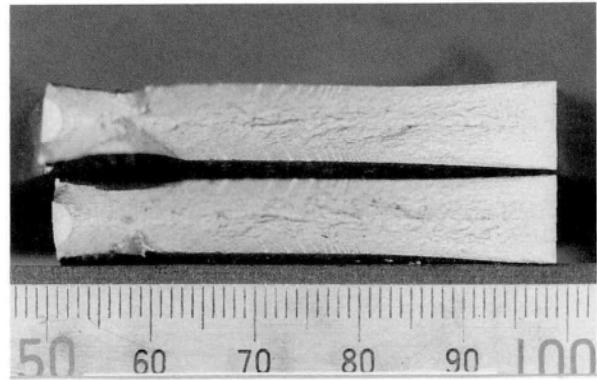


写真-4 試験片の破断面

#### 4.まとめ

本研究ではSM50YA材およびSS41材を使用したレーザ切断材の200万回疲れ強さを中心に、他の切断材についてもその強度を求めた。試験数も少なく、完全なものとはいえないが、試験結果からみて、レーザ切断法およびプラズマ切断法によって切断された良好な切断面は相当の疲労強度が期待できると思われる。

#### 5.あとがき

本研究は、著者が昨年度、大阪大学溶接工学研究所へ受託研究员として派遣され、実験研究に従事した成果の一部である。現在もレーザ切断材の特性について研究を

行っているのが、本報では疲労試験結果についてのみ報告した。その後の成果については機会を得て報告するつもりである。

末尾ながら、本研究は堀川浩甫教授の御指導、中辻義弘技官の御協力によって行われたものであり、ここに記して、関係各位に対する謝辞と致します。

#### 〈参考文献〉

- 1) 田島；自動ガス切断試験片による疲労試験、土木学会誌46-10、昭和36年10月
- 2) 岡田、森脇；ガス切断が高張力鋼(50kg/mm<sup>2</sup>級)の疲れ強さにおよぼす影響について、溶接学会誌第32巻第8号、昭和38年8月

1990.11.25受付

#### グラビア写真説明

##### 藤原大橋

本橋は、愛媛県伊予三島市の山間部、風光明媚な渓谷（吉野川水系銅山川）にかかる。上流側に多目的ダムの富郷ダムが計画されており、このダムによる道路の移設にともない、旧橋の架替が必要になった。

構造は逆ローゼ桁（アーチスパン138.0m）であり、同型式では四国一の規模をほこる。アーチリブはバスケットハンドル形であり、架設はケーブルクレーン斜吊り工法によった。また鋼材は、耐候性鋼材（ウェザーコート法+プレパレン処理）を使用した。

富郷渓谷、金沙湖、翠波高原などの観光地を近隣にひかえ、その優美な姿は渓谷の自然環境の中にとけこんでいる。  
(吉川)

##### 東京港連絡橋

「東京港連絡橋（仮称）」は、臨海副都心と都心とを結ぶ基幹交通施設として整備されるもので、芝浦埠頭と台場地区を結ぶ臨港道路、JR新橋駅と東京テレポートタウンを結ぶ新交通システム、首都高速1号線と高速湾岸線を結ぶ首都高速12号線からなる複合交通施設として計画されています。また臨港道路の両側には、東京港の景観を楽しめるよう、芝浦側からお台場公園へと歩いて渡れる歩道が設置されます。

これら交通機能に加えて、都民の余暇活動の場としての役割を担い、東京港の新しいシンボルとして完成が期待されています。

写真的台場海上部は、吊橋部と台場陸上部との間に位置し、首都高速本線と台場陸上部へとつながる各交通の分岐点となっています。（松本）

# 防水型引張ボルト継手構造の各種試験

## Tests on Waterproof Tension-Bolted Joint Structure for Offshore Joining of Steel Pontoons

鳥越弘行\* 太田亘\*\*  
Hiroyuki TORIGOE Wataru OHTA

### Summary

Joining steel-shell pontoons at sea enables large floating structures to be constructed offshore. If a rubber-filmed, waterproof tension-bolted joint is used for this purpose, the necessary fieldwork can be done under dry conditions inside the units, without divers. This paper reports on the results of various tests conducted on the workability, waterproofness, joint strength, etc., of such waterproof tension-bolted structures.

### 1. まえがき

島国である我が国的主要な臨海都市においては、陸上部での発展は限度に達しつつあり、海上への発展を目指してウォーターフロント、コミューター航空施設等の海上構造物の検討が多数くなされている。海上へ建造物を構築する方法としては、干拓・埋立・桟橋・浮体による方法等があり、最近建設中の関西国際空港建設工事は埋立方式で進められているが、計画段階における各種工法比較検討の中で浮体方式案についても検討がなされている。浮体方式案では、造船工業会が鋼製浮体構造案を提案し、プレストレストコンクリート協会がP C 浮体構造案を提案している。この両浮体構造案共に、海岸ヤードあるいはドライドックで浮体ユニットを製作して、建設現場まで曳航し海上において浮体ユニット相互を接合するプレハブ方式で必要な大きさに組み立てて係留することが考えられている。大型海上浮体構造物建設における主な問題点の1つとしては、浮体ユニット製作ヤードまたはドライドックの確保・安全な係留方式の選定と共に、海上現場における浮体ユニット相互の接合工法選定があげられている。

鋼殻ポンツーンの浮体ユニットを用いて大型海上浮体構造物を構築する場合も、海上における浮体ユニット相互の接合継手構造の選定が重要な課題となる。これを踏まえて、海上ユニット接合作業時の施工性・安全性を考

慮し、潜水夫作業を極力少なくする工法として、浮体ユニット内部からの作業だけで接合可能な、防水型引張ボルト継手構造を使用した浮体構造物構築工法を提案しているところである。この防水型引張ボルト継手構造は、鋼製浮体ユニットの海上曳航時と海上接合作業時の継手部の防水が確保される様に、継手部ボルト孔（高張力鋼棒用孔）に防水ゴム膜を設備したものである。海上接合作業時には浮体ユニット内部からゴム膜を破りボルトを挿入するが、ゴム膜がボルトに巻き付き、またはボルトとボルト孔との間でパッキング状態になり止水効果を発揮するものであり、一般のボルト継手と比較してボルト径と孔径の差が大きい引張継手構造である。

今回の試験報告は、防水ゴム膜の耐水圧性・止水性・ボルト挿入性の試験結果、および防水ゴム膜を用いた引張ボルト構造の静的載荷試験結果である。

### 2. 海上浮体構造物構築工法の概念

鋼製（または鋼・コンクリート複合）浮体ユニットを用いた海上浮体構造物構築工法の概要は次のとおりである。

- ① 海岸製作ヤードで製作・組立した浮体ユニットは、図-1の様に内部隔壁により分割された複数個の水密室を有する構造であり、側版（接合面）に継手設備として剪断キー・防水型引張ボルト継手孔を具備

\* 技術本部付調査役

\*\* 横浜ゴム㈱複合商品事業部 E P 技術部

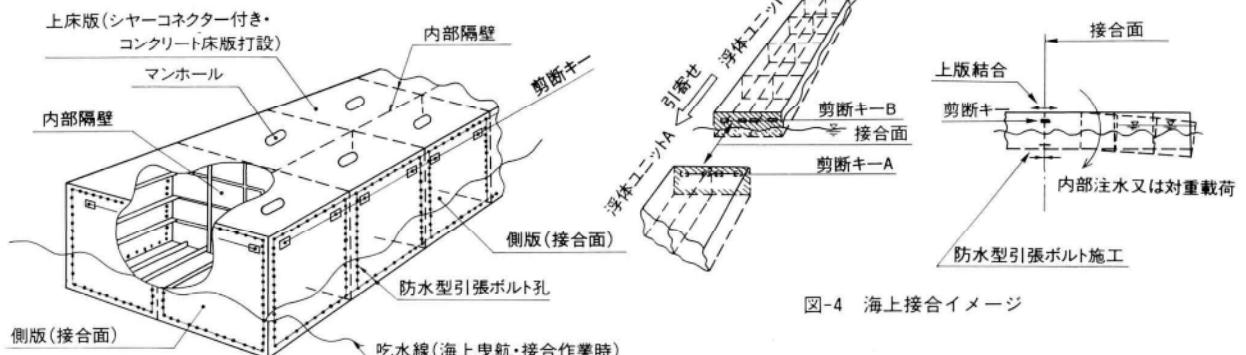


図-1 浮体ユニット(鋼製)構造・接合面イメージ

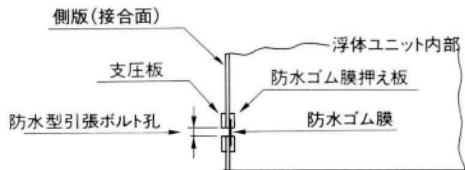


図-2 防水ゴム膜(海上曳航時)のイメージ

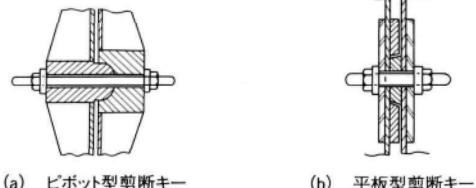


図-3 剪断キーのイメージ

している。海上浮体接合後、上床版にはコンクリート打設して鋼・コンクリート合成の海上人工地盤・海上コムータ設備の建設を行う。

- ② 浮体ユニットの防水型引張ボルト継手孔には、図-1 の様に防水ゴム膜をセットしていて、浮体ユニット海上曳航時の水密性を確保している。
- ③ 浮体ユニット相互の接合時の位置決めと、剪断力の伝達の目的で、図-3 の様な剪断キーを浮体ユニット側版（接合面）の上部位置に設ける。
- ④ 海上建設現場において、浮体ユニット A・B を相互に引き寄せ、剪断キーを利用して浮体ユニット A・B を正規の位置にセットする。上床版を始めに結合して仮固定し、内部注水またはカウンターウエイトにより海水の浮力を利用して、接合面に負の曲げモーメントを発生させ接合面の密着性を良くした後

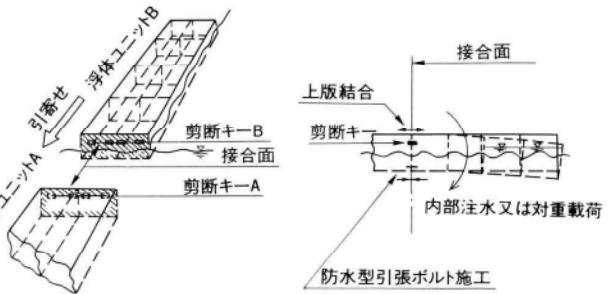


図-4 海上接合イメージ

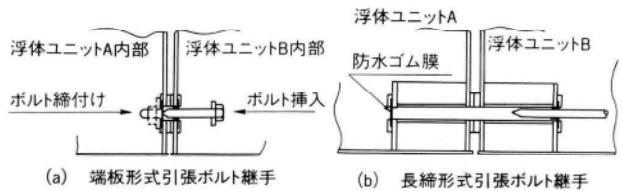


図-5 防水型引張ボルト継手作業のイメージ

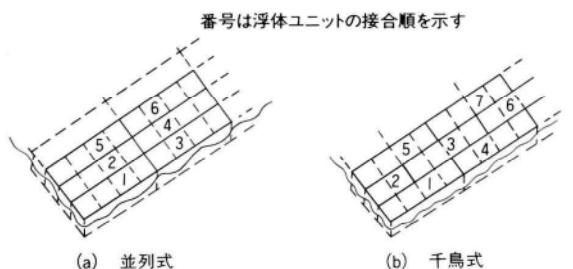


図-6 浮体ユニット連結方式

に、防水型引張ボルト継手施工を施工する(図-4)。

- ⑤ 防水型引張ボルト継手施工は、ドライエリアである浮体ユニット内部からの作業のみで可能である(図-5)。浮体ユニットB内部から、ゴム膜にピンホールをあけてボルトを挿入し、浮体ユニットA内部迄貫通させて、引張ボルトに初期張力を導入し浮体ユニット相互を接合する。ボルト挿入時には、ピンホールから破れた防水ゴム膜がボルトに巻き付き、またはボルトとボルト孔の間でパッキング作用により浮体ユニット内部への漏水がほとんど無く、引張ボルト継手施工はドライ作業が可能となる。防水型引張ボルト継手施工後に、ボルトとボルト孔の間および各浮体ユニット接合面の側版の間には、鋼材の防腐食・漏水対策のため、エポキシ樹脂等の注入施工を行う。

⑥ 浮体ユニットの連結方式には、並列式・千鳥式等が考えられる（図-6）。

### 3. 防水ゴムの各種試験

引張ボルト継手のボルト孔に施す防水として、浮体ユニット海上曳航時には建設関連その他で一般的に使用されているゴムを防水ゴム膜とした防水構造とし、継手接合作業時にはゴム膜をボルト挿入で破るがその作業時の漏水が少なくて作業可能なゴム膜の厚さ・形状・材質等を調べるために各種試験を行った。この防水ゴム関連の試験については、主として横浜ゴム株式会社産業資財技術部と共同で行った。以下に各種試験結果を報告する。

#### (1) 防水ゴム膜の形状検討・基本性能試験

##### 1) 平ゴム膜の厚さと耐水圧性

平ゴム膜の材質をCR60°とCR50°、厚さを1および2

mmとし、円孔径26mmにおける静水圧試験で耐水圧性を確認した。試験結果を図-7に示す。静

ゴム膜の耐水圧強度は材質CR60°、CR50°の差はほとんど無く、凸出量も含めてゴム厚に大きく支配される。静

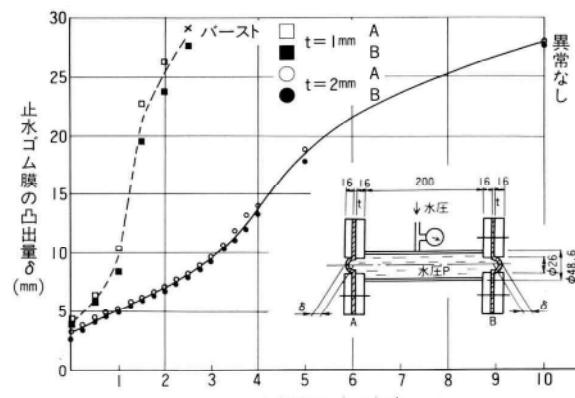


図-7 ゴム膜の止水圧と凸出量

表-I 防水ゴム膜の形状検討・基本性能試験結果

サンプルNo.	0 (平ゴム 1t)	1 (平ゴム 2t)	2 (座ぐりゴム 5φ×3h×5t)	8 (座ぐりゴム 10φ×3h×4.5t)	9 (座ぐりゴム 10φ×5h×5.8t)	
構 造						
ボルト挿入時 最大荷重(kgf/本)	前面止水ゴム膜貫通時 7	40	350	198 2回目(145)	400	
	前面貫通後 後面貫通時 15	56	600	132 (220)	370	
止水ゴム膜位置	前面	後面	前面	後面	前面	
耐水圧 (kgf/cm²)	0.02 0.5 1.0 1.5 2.0 5.0	漏水なし 漏水250cc/min 漏水なし 漏水なし 漏水20cc/min(漏水なし) 漏水なし	漏水なし 漏水なし 同上 滴下漏水 筋状流出 筋状噴出 漏水80cc/min	漏水なし 漏水なし 同上 滴下漏水 筋状流出 筋状噴出 漏水なし 漏水なし 漏水なし 漏水なし 漏水なし 漏水なし	漏水なし 漏水なし 漏水なし 漏水なし 漏水なし 漏水なし	漏水なし 漏水なし 漏水なし 漏水なし 漏水なし 漏水なし
止水ゴム膜の状態	ボルト挿入時の形状 	サンプルNo.0と同じ	サンプルNo.0と同じ	サンプルNo.0と同じ	サンプルNo.0と同じ	
キレツの状態 (試験後)						
判 定	×	ボルト挿入によるゴム膜のキレツ伸展し止水性乏しい	×	同左	×	
		ボルト挿入時の荷重大	△	適用可能性有 座ぐり径は10φ以上 が適當と思われる	△	
				同左		

水圧 = 1 kgf/cm<sup>2</sup>は水深10mの水圧に相当している。

2) ゴム膜の形状とボルト挿入性・ボルト挿入後の止水  
防水ゴム膜のボルト挿入性とボルト挿入後の止水性の  
基本的な傾向を求めるために、下記の試験を実施した。  
試験は写真-1に示すのようにボルト用孔径=26mmの箇所  
に防水ゴム膜をセットした治具を用い、先端を加工した  
ボルト径=22mmを圧入するボルト挿入性試験と、ボルト  
挿入後の止水性として水圧を加えた漏水状況を観察する  
試験とした。

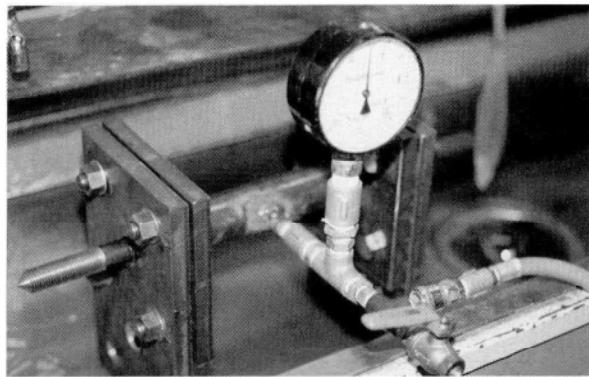


写真-1 ボルト挿入後の止水性試験

防水ゴム膜の形状検討・基本性能試験の試験結果を表-1に示す。これら試験の結果から、下記の事が考察される。

- ゴム膜の最小厚さは、耐水圧性・凸出変位量から2mm以上が望ましい。
- ゴム膜による防水は、ボルトねじ部ではねじ谷に起因する多少の漏水は止めることができないか(ボルト挿入作業の始めの短時間のみで)、ボルト軸部では期待出来る。
- 平ゴム膜より座ぐりゴム膜のほうが止水効果が大きい。これは、ボルト挿入後のゴムの破れ形状からも想定でき、また、止水効果はゴム膜がボルトに巻き付く作用によるより、バッキング作用効果が大きいと考えられる。

## (2) 座ぐりゴム膜の各種性能試験

前項(1)の試験結果より、座ぐりをいたゴム膜の止水効果が大である事を勘案して、ゴム膜厚さをT=4.5mm・座ぐり部厚さ=2.0mmとして各種試験を実施した。

### 1) 材料物性試験

防水ゴム膜の物性試験結果を表-2に示す。

### 2) 座ぐりゴム膜のボルト挿入性とボルト挿入後の止水性

ざぐりゴム膜のボルト挿入性とボルト挿入後の止水性は、孔径とボルト径の差・ざぐり径とボルト径の比等に影響される。したがって試験のパラメーターとし孔径とボルト径の差・ゴム膜ざぐり径とボルト径の比を設定して、表-3の試験条件により試験を実施した。

表-2 ざぐりゴム膜の物性試験結果

項目	単位	試験方法	規格	試験値	
				CR50	(CR40)
材質	—	—	—	クロロブレン系	クロロブレン系
硬さ試験	ゴム硬さ度	JIS K6301の5	50±5	50	39
引張試験	100%伸張応力kgf/cm <sup>2</sup>	JIS K6301の3	—	17.2	11
	300%伸張応力kgf/cm <sup>2</sup>		—	84.9	38
	引張強さkgf/cm <sup>2</sup>		100以上	166	150
	破断時伸び%		400以上	499	785
引裂試験	引裂強さkgf/cm	JIS K6301の9	20以上	48.2	57
低伸張応力試験	伸張応力kgf/cm <sup>2</sup>	JIS K6301の13 伸長率25%	—	4.89*	—
圧縮永久歪試験	圧縮永久歪%	JIS K6301の10 圧縮率25% 70°C×22H	20以下	15	14
老化試験	引張強さ残留率%	JIS K6301の6 老化条件100°C×72H	老化前値の80%以上	93	86
	伸び残留率%		老化前値の80%以上	89	83
	ゴム硬さ変化量度		老化前値の+8以内	+4	+3
オゾン劣化試験	キレツ発生状態	JIS K6301の16 老化条件40°C×50ppm×96HX20%伸張	キレツなし	キレツなし	キレツなし
低温衝撃ぜい化試験	低温衝撃ぜい化温度°C	JIS K6301の14	—	-47.8	—
耐水性試験	重量変化率(吸水率)%	JIS K6911の5の26 50°C温水×72H	—	+3.5	+4.6

(注) 静的弾性係数率Gは  $G = 1.639\sigma_{25} = 1.639 \times 4.89 \text{kgf/cm}^2 = 8.0 \text{kgf/cm}^2$   
 $\sigma_{25}$ : 25%伸張応力(kgf/cm<sup>2</sup>)

表-3 試験条件

ゴム膜厚T(mm)	孔径D(mm)	ボルト径D <sub>b</sub> (mm)	d=(D-D <sub>b</sub> )/2(mm)	T/d	ざぐり径φ(mm)	φ/D <sub>b</sub>	記事試験体番号
4.5	26	22	2	2.25	15	0.682	I-1
					17.5	0.795	I-2
					20	0.909	I-3
	30	20	1.5	1.125	15	0.75	2-1
					17.5	0.875	2-2
					20	1.00	2-3
2.0	26	22	4	1.125	15	0.682	3-1
					17.5	0.795	3-2
					20	0.909	3-3
	30	20	5	0.9	15	0.75	4-1
					17.5	0.875	4-2
					20	1.00	4-3

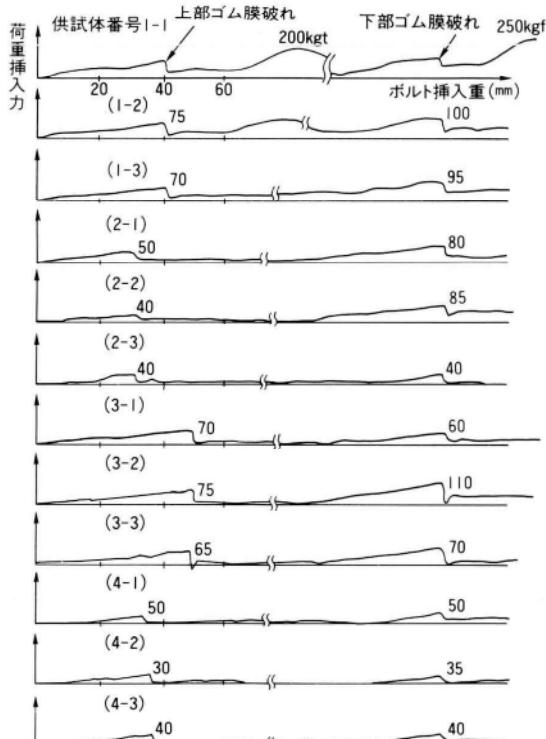


図-8 ポルト挿入試験結果(挿入力の状態)

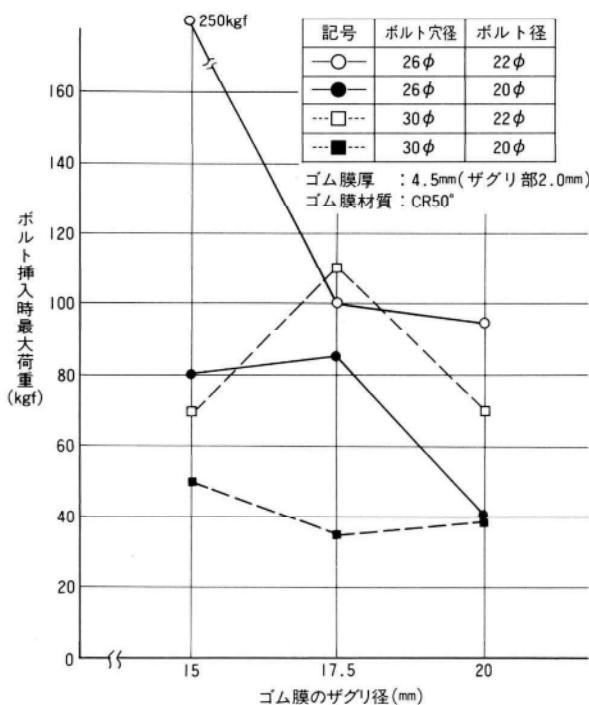


図-9 ポルト挿入試験結果(ボルト挿入時最大荷重)

ポルト挿入性試験は、先端を鋭角( $45^\circ$ )に加工した挿入ボルトを用い、アムスラー試験機により挿入力を測定した。ボルト挿入時ゴム膜を破る際(実作業時はボルト回転を併用する事を考慮して)はボルトに回転を与えた。試験結果を図-8、図-9に示す。

表-4 ボルト挿入後の止水試験結果

供試体番号	水圧(kgf/cm <sup>2</sup> )											漏水状況					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	
I-1	-	○	-	○	-	○	-	○	-	○	-	○	○	○	○	○	試験最大水圧10kgf/cm <sup>2</sup> まで完全止水
I-2	-	○	-	○	-	○	-	○	-	○	-	○	○	○	○	○	同上
I-3	-	○	-	○	-	○	-	○	-	○	-	○	○	○	○	○	同上
2-1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○	同上
2-2	-	○	-	○	-	○	-	○	-	○	-	○	○	○	○	×	ボルト先端側筋状に漏水
2-3	-	○	-	○	-	○	-	○	-	○	-	○	○	○	○	○	同上
3-1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○	同上
3-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	同上
3-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	同上
4-1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	同上(3.5kgf/cm <sup>2</sup> ×1分後)
4-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	同上
4-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	同上

表中 ○印 完全止水(各圧力での保持時間1分間)  
×印 漏水発生

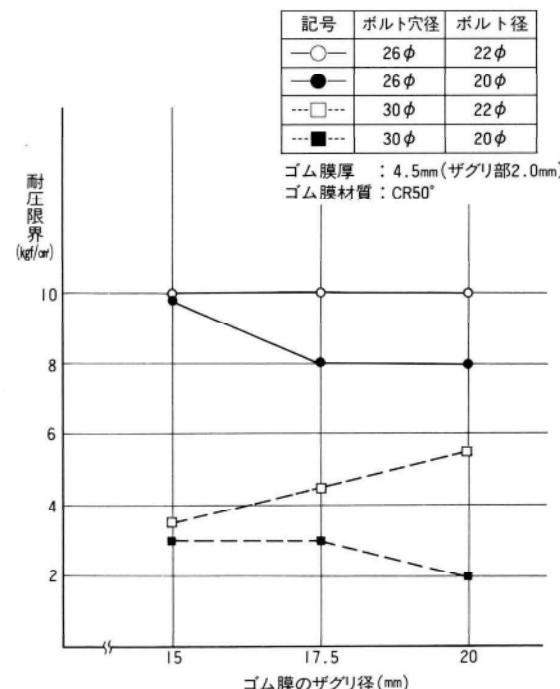


図-10 ザグリゴム膜の耐水圧限界

止水試験は、写真-1の様な治具による静水圧試験とし、水圧は $10\text{kgf/cm}^2$ まで加えて実施した。試験結果を表-4に示す。同様に水圧 $10\text{kgf/cm}^2$ までの耐水圧として図示すると図-10となる。

### (3) ゴム膜試験の考察と今後の課題

#### 1) 考察

##### ○ ポルト挿入性

① ポルト挿入量と荷重（挿入力）の関係は、図-8に示す通りであり、ポルト先端がゴム膜に接触して $30\sim50\text{mm}$ の挿入量となったときゴム膜は破れを生じ、荷重も最大を示した。ただし試験体番号1-1は、ポルト孔とポルトとのクリアランスが $2\text{mm}$ 、ざぐり径も最小である（表-3参照）ため、ゴム膜破断直後に一旦荷重は低下するがポルト挿入によりゴム膜の破れた部分がクリアランスに密充填して抵抗が増し、ゴム破断後更に $40\sim50\text{mm}$ ポルトの挿入がすすんだときに最大荷重を示した。

② ポルト挿入時の最大荷重は、図-9よりゴム膜厚さに比してポルト孔とポルトとのクリアランスが小さいほど（ $T/d$ が大きい程）大きく、ゴム膜ざぐり径寸法が小さいほどおおきい。

##### ○ ざぐりゴム膜の止水性

① ゴム膜厚さに比してポルト孔とポルトとのクリアランスが小さいほど（ $T/d$ が大きい程）止水性が良い（表-4、図-10）。〈ゴム膜がクリアランスに密充填するパッキング作用が大と考えられる〉

② ゴム膜のざぐり径の影響は、本試験の結果からは認められなかった。また、全試験体共に貫通キレツは薄肉化したざぐり部の範囲にある。

③ 防水ゴム膜の必要耐水圧限界を $7.0\text{kgf/cm}^2$ および $3.5\text{kgf/cm}^2$ とすると、防水ゴム膜の形状（ポルト孔、ポルト径の関係を含め）は下記形状が適している。

$7.0\text{kgf/cm}^2$ ——試験体番号 2-3

$3.5\text{kgf/cm}^2$ ——試験体番号 3-3

#### 2) 今後の課題

防水ゴム膜の実用化に当たっては、主として下記事項の検討・確認が必要と考えられる。

- 防水ゴム膜の浮体ユニットへの取り付け方法
- ポルト挿入時の施工誤差（ポルト孔の偏心等）を考慮した水圧下でのポルト挿入性、止水性の

#### 確認

- ゴム膜の防汚（生物付着防止）対策の検討
- 長期耐圧性の確認

## 4. 防水型引張ポルト継手の強度試験

高力ポルトによる引張ポルト継手構造は、高力ポルトの軸方向の引張力により応力（力）を伝達する接合方法であって、摩擦接合・支圧接合と異なり、添接板を必要としない現場作業性の良い接合構造である。この引張ポルト継手構造は、高力ポルトをあらかじめ締付ける事（初期張力）により得られる材間圧縮力が有効に作用して、外力が作用する時においても高力ポルトの軸力増加がほとんど無い、剛性の大きい接合方法である。これに関しては、昭和30年代後半から各方面で広く研究がなされ、ドイツ、アメリカ、イギリス、日本等で各種の文献が発表され、計算方法等が提案されている。

現在、日本では引張ポルト継手構造について、建築学会においては鋼構造設計基準に高力ポルト許容引張応力度・計算方法が定められているが、土木関連の示方書・基準等では特に規定が無く、引張ポルト継手構造を用いる場合には、その都度強度試験を行う等の安全確認が条件になっている。しかし、最近、土木関係においても、現場施工の容易な引張ポルト継手構造の要望が多くなり、土木関連の示方書・基準等に取り入れる事が考えられている。ここでは、引張ポルト継手構造に、前項3.において各種試験を行った防水ゴム膜を設備した防水型引張ポルト継手について、継手強度確認試験を実施した試験結果を報告する。防水型引張ポルト継手の強度試験は、端板形式および長締め形式の2種類の引張ポルト継手について実施した。

#### (1) 試験体

防水型引張ポルト継手の強度試験の試験体は、H鋼材を用いた試験梁（支間=3m）の中央部に試験継手を設備した。下記に示す2種類の試験体を用いた。試験体の設計図を図-11に示す。

##### 1) A-タイプ試験体

A-タイプ試験体は、継手部の端板厚さを厚くし、また補剛材を加えて継手部の剛性を高めて、テコ作用によるポルト軸力増加を抑えた端板形式引張ポルト継手の試験体である（図-11、写真-2a）。

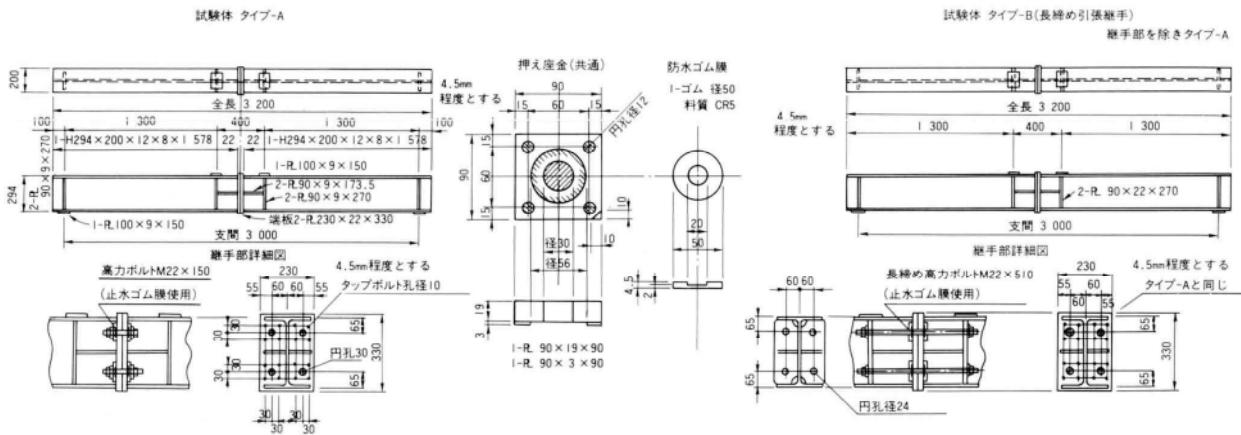


図-11 防水型引張ボルト継手強度試験試験体

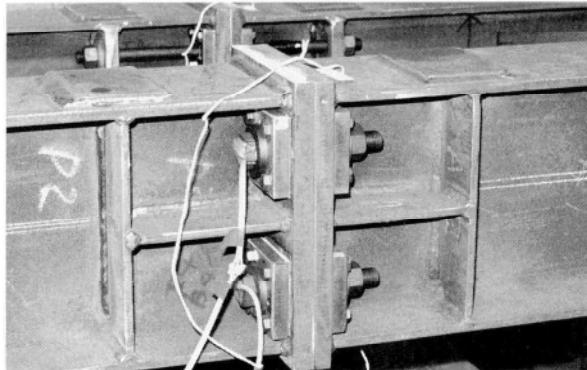


写真-2a A-タイプ(端板形式)

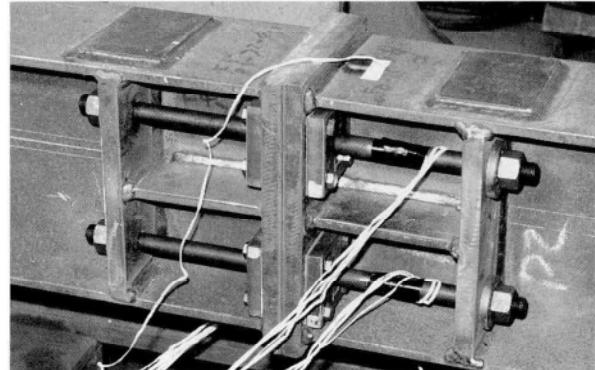


写真-2b B-タイプ(長縫め形式)

防水設備は、端板に防水ゴム膜を抑え座金でタップボルトにより取り付けた構造としている。引張ボルトは、高力ボルトM22(F10T)を使用しているが、防水設備の関連で端板ボルト用の孔径が30mmとなるので、孔径24mmの座金を使用している。

初期ボルト締付け目標軸力は、一般の摩擦接合高力ボルトの締付け軸力と同じ軸力である20.5トンとした。(摩擦接合高力ボルト締付け目標軸力=0.75× $\sigma_{ya}$ ×A<sub>e</sub>)

## 2) B-タイプ試験体

B-タイプ試験体は、エンドプレートとアンカーブレートを有する長縫め形式引張ボルト継手の試験体である。引張ボルトには、M22(F10T相当)を使用し、初期ボルト締付け目標軸力等は、A-タイプ試験体と同様である(図-11、写真-2b)。

## (2) 試験方法

防水型引張ボルト継手の静的載荷試験は、A・B-タイプ試験体共に、4点載荷による純曲げ試験により実施するものとし、載荷方法および変位測定位置を図-12に示す。また、静的載荷試験の実施状況写真を写真-3に示す。

防水型引張ボルト継手の静的強度評価は、載荷時のボルト軸力変化(継手部の作用曲げモーメントとボルト軸力変化)により行う。

引張ボルト軸力の測定は、A-タイプ端板形式引張ボルトについては、高力ボルト頭部より軸芯に孔径2mmを削孔してその中に1-ひずみゲージをセットする埋込式(ゲージ埋込式によるボルト軸力計測は高力ボルト摩擦接合試験で多くの実績有り)で計測することとした。また、B-タイプ長縫め引張ボルトについては、軸部に2-ひずみゲージを張りつけてその平均値を用いて軸力を計測した(図-13、写真-2)。

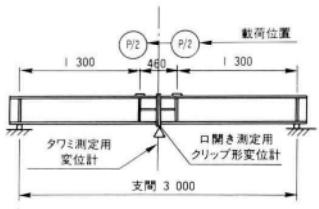


図-12 載荷方法および変位測定位置

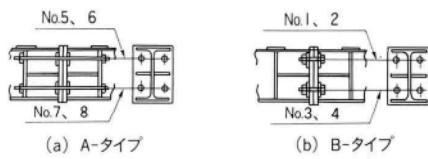


図-13 引張ボルト継手の計測ボルト

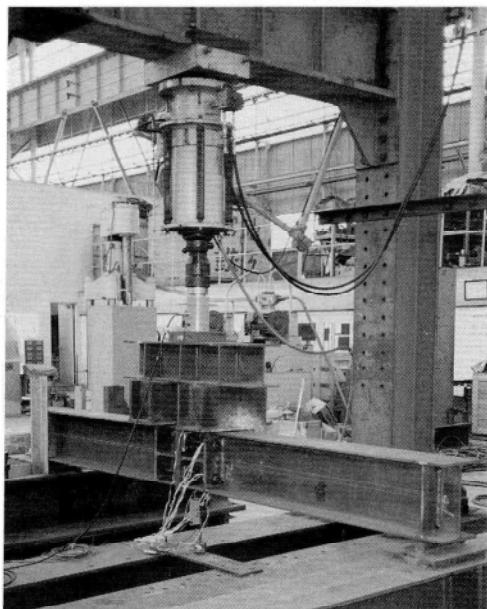


写真-3 静的載荷試験実施状況

### (3) 試験結果および考察

防水型引張ボルト継手の静的載荷試験結果および考察を以下に示す。

#### 1) 引張ボルト軸力の変化

引張側の引張ボルト（No.3、4、7、8）の軸力変化を図-14に示す〔圧縮側の引張ボルト（No.1、2、5、6）の軸力変化は、載荷重約16トンまでほとんど変化がないので記載を省略する〕

端板形式引張ボルト継手の構造計算法の1つとしてドイツ等では、H. Beer氏提唱のてこ反力を無視した計算法が使用されている。

H. Beer氏提唱による引張ボルト軸力計算法の計算仮定は、

- ① 引張力はボルトのみで負担する、
- ② 圧縮力は接触面で負担する、
- ③ 応力分布は直線的とする、

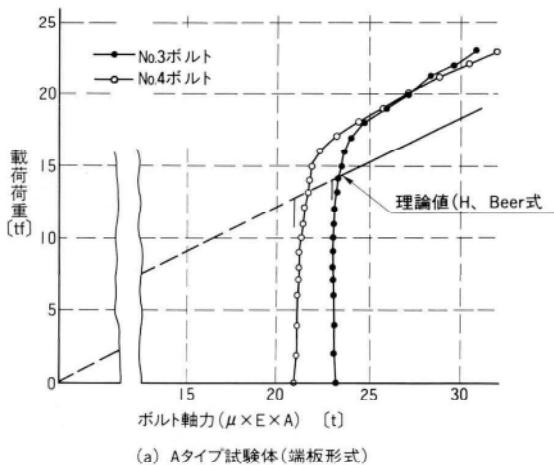
であり、試験値とこのH. Beer氏提唱の式を理論値として比較すると、図-14載荷重一ボルト軸力変化図のように比較的一致していると言える。

試験体引張ボルト継手の強度をH. Beer氏の式での計算を以下に示す（図-15参照）。

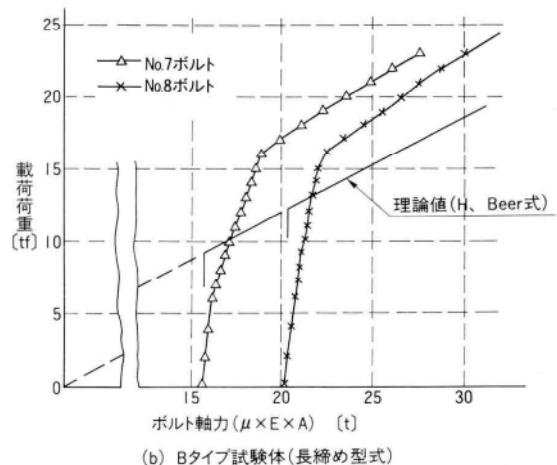
ボルト断面積を梁高h（h=33cm）の断面に換算する

$$F10T \quad M22 \quad A_b = 3.801\text{cm}^2$$

$$\text{換算幅 } b_1 = 4 \times 3.801 \div 33 = 0.46\text{cm}$$



(a) Aタイプ試験体(端板形式)



(b) Bタイプ試験体(長締め型式)

図-14 載荷重一ボルト軸力変化

圧縮面の面積は 接触面面積= $x \cdot b_2$ とする。図-15より

$$b_2 = b - b_1 = 23.0 - 0.46 = 22.54\text{cm}$$

$$x = x_1 \cdot h$$

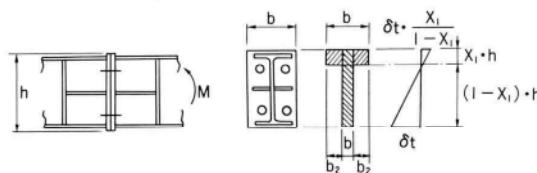


図-15

平面保持の仮定より中立軸比 $x_1$ は、下記により式①となる。

$$\text{引張合力 } T = b_1(1 - x_1) \cdot h \cdot 1/2 \cdot \sigma_t$$

$$\text{圧縮合力 } C = b \cdot x_1 \cdot h \cdot 1/2 \cdot x_1 / (1 - x_1) \cdot \sigma_c$$

$T - C$  より

$$x_1^2 + 2 \cdot b_1/b_2 \cdot x_1 - b_1/b_2 = 0$$

$$\therefore x_1 = x/h = (b_1/b_2) \cdot [\sqrt{1 + (b_2/b_1)} - 1] \dots \dots \text{①}$$

置換断面の中立軸に関する断面2次モーメントは式②となる。(図-15参照)。

$$I = (b_2 \cdot h^3 / 3) \cdot [3 b_1/b_2 \cdot (1/2 - x_1)^2 + x_1^3 + b_1/4 \cdot b_2] \dots \dots \text{②}$$

また、引張側の断面係数は式③で表わせる。

$$Z_t = I / (1 - x_1) \cdot h \dots \dots \text{③}$$

上記の式①、②、③に、試験体引張ボルト継手の諸元寸法 $b_1 = 0.46\text{cm}$ 、 $b_2 = 22.54\text{cm}$ を代入し計算すると引張側の断面係数 $Z_t$ は、下記となる。

$$x_1 = 0.1234 \quad I \approx 4240\text{cm}^4$$

$$x_1 \cdot h = 4.07\text{cm} \quad Z_t \approx 147\text{cm}^3$$

静的載荷試験時における、載荷荷重( $P$ )と試験体引張ボルト継手箇所の作用曲げモーメント( $M$ )およびボルト軸力( $B_t$ )の関係は、下記の様に表わせる。

$$M = (P/2) \times 130 = 65 \cdot P \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$B_t = (M/Z_t) \times A_b = [(65 \cdot P)/Z_t] \times A_b \text{ kgf}$$

ただし、ボルト軸力( $B_t$ )の変化は理論的には、初期ボルト締付軸力を与えているので、下記の載荷荷重( $P_1$ )までは初期ボルト締付軸力( $B_0$ )で一定となる。

$$P_1 = (B_0 \times Z_t) / (65 \times A_b) \approx 12200 \text{ kgf}$$

$$B_t = B_0 = 20500 \text{ kgf}$$

上記により、H. Beerの提唱式は次の値となり、図-14に理論値として、実線で記載している。

載荷重  $P \leq 12200 \text{ kgf}$ ——ボルト軸力  $B_t = 20500 \text{ kgf}$

載荷重  $P > 12200 \text{ kgf}$ ——ボルト軸力  $B_t = [(65 \cdot P)/147] \times 3.801$

実験値では、載荷重約15トンまでボルト軸力は殆ど初期ボルト締付軸力で推移していく、H. Beerの提唱式の値12.2トンより大きい載荷重まで、ボルト軸力増加は微小である。したがって、H. Beerの提唱式は、この試験からは引張継手の計算式として、安全側で使用可能と考えられる。

## 2) 引張継手下端部の口開きと中央部タワミ量

載荷重による継手部の口開き量とタワミ量を、図-16、17に示す。

図-17の支間中央のタワミ性状より、継手部の剛性は母材部と同等と考えられ、引張継手部は十分な剛性を有することが伺われる。また、継手部の口開き性状からも継手部の十分な剛性が期待できる。

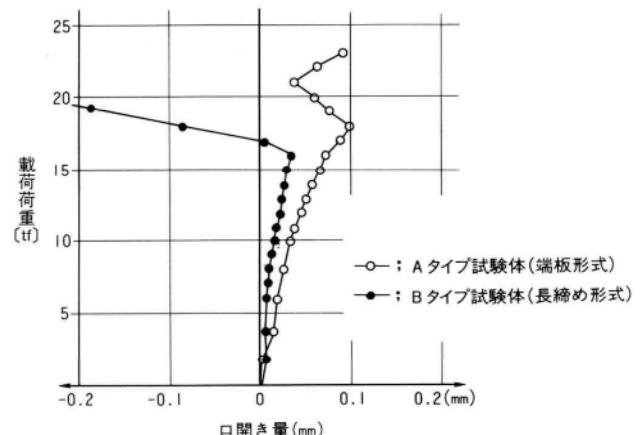


図-16 引張継手下端部口開き量

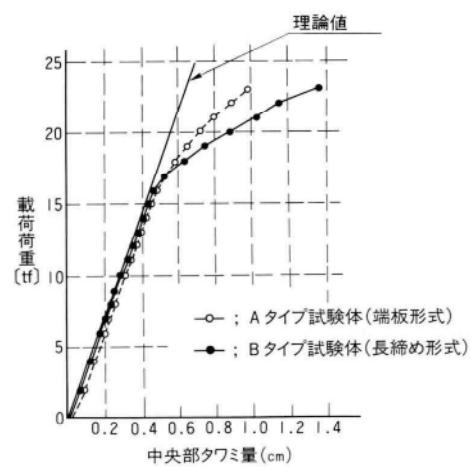


図-17 載荷重による支間中央部変異量

### 3) ポルト締付軸力の減少

一般の高力ボルトに比較して、長締めボルトの締付軸力の減少率（経時変化）が懸念されるが、計測の結果、締付1日後の軸力の減少率は2～3%であり、一般の高力ボルトと同程度である（図-18）。

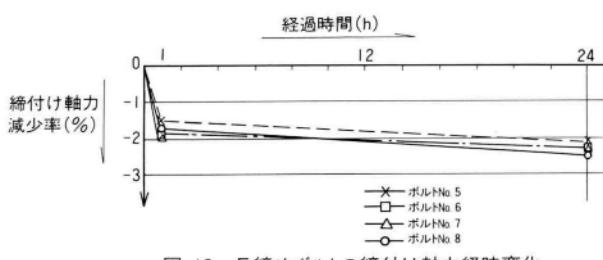


図-18 長締めボルトの締付け軸力経時変化

### 4) 引張ボルト継手強度の考察

高力ボルトの許容引張応力度 ( $\sigma_{ba}$ ) は、建築関係では鋼構造設計基準で定められている。しかし、 $\sigma_{ba}$ は土木関係においては基準等で定められて無くて、一般的に初期ボルト締付軸力の60%（初期ボルト締付軸力は、ボルト許容耐力  $\sigma_{ba}$  の60%）の値が一般的に用いられている。高力ボルト F10T M22の場合の許容引張応力度は

$$\text{建築関係 } \sigma_{ba} = 3.1 \text{tf/cm}^2 = 31 \text{kgf/mm}^2$$

土木関係  $\sigma_{ba} = 0.6 \times 0.6 \times 90 (\sigma_{by}) = 32.4 \text{kgf/mm}^2$  であり、土木関係の  $\sigma_{ba} = 32.4 \text{kgf/mm}^2$  を設計許容引張応力度として、H. Beer提唱式を適用すると許容載荷重は  $P_a = 7.3$  トンとなる。

載荷試験結果の図-14載荷重一ボルト軸力変化図より、引張ボルト継手はA・Bタイプ共に載荷重 約15トンまで終局強度があり、H. Beerの計算式を適用すると許容載荷重は、 $P_a = 7.3$  トンで約2倍の安全率を有していることとなる。

載荷試験による許容載荷重の  $P_a = 7.3$  トンまでのボルト軸力の増加（図-14）は、

$$A\text{ タイプ 軸力の増加 (No.3, 4 ボルト共に)} \approx 0.2 \text{tonf}$$

Bタイプ 軸力の増加 (No.7, 8 ボルト共に)  $\approx 0.8 \text{tonf}$  であり、軸力増加は初期締付軸力の3～10%となっている。

## 5. 防水型引張ボルト継手構造の今後の課題

引張ボルト継手構造の海上剛結接合への適用実用化に当たっては、防水ゴム膜の問題点（3.-(3)-2 参照）

と共に、下記事項の構造検討・確認が必要と考えられる。

### ① 継手部の腐食防止

- ・ボルト孔とボルトの間隙へのエポキシ樹脂等の注入施工
- ・ボルトへの防腐食処理法

### ② 継手部の剛性評価法の検討

エンドプレート、アンカープレートの使用板厚・ボルト孔の位置・補剛材の有無と位置・接触面の表面精度等により、継手部の剛性が変化し、この継手部の剛性が継手強度に大きく影響する。したがって、これら継手部構造の剛性評価法を今後、検討をする必要がある。

（土木関係において引張継手構造が設計基準に取り上げられないのは、継手強度が、ボルトの引張強度よりも継手部の細部構造の方が継手強度に大きく寄与し、複雑であるため、設計基準等への記載が困難であったのが原因であると考えられる。最近橋梁関係においても、引張継手構造の需要が高まり、各方面において引張継手構造の研究が進められ様としている。）

### ③ 引張継手疲労耐力の確認

引張継手構造の疲労耐力の確認が必要。

以上のように、防水型引張継手構造は、これら基礎的な試験により、各種の課題を有しつつも、浮体構造物海上継手構造への適用の可能性があると考えられる。

なお、この開発研究は、当社前会長上前行孝氏発想の「水上浮体構造物およびその構築工法」（特許公開中）を基に行ったものであり、試験計画・継手強度評価等は株式会社宮地鐵工所が担当し、防水ゴム膜の各種試験は、横浜ゴム株式会社が分担して実施いたしました。

終りに、試験・計測に協力いただいた方々にお礼を申し上げます。

## 〈参考文献〉

- 1) 日本建築学会；高力ボルト接合設計施工指針 S.58. 7
- 2) 日本鋼構造協会；高力ボルト接合、S.47
- 3) 小西一郎編；高力ボルト引張接合（鋼橋基礎編II）
- 4) 鳥越弘行；応急橋主桁の高力ボルト引張接合併用継手疲労試験、宮地技報 No.4、1988. 3

1992.1.14受付

# 直交型ロボットによる裏波板継ぎ溶接システム

## Uranami Steel Plate Welding System using Rectilinear Cartesian Robot

田中 浩\*  
Hiroshi TANAKA

田中 一男\*\*  
Kazuo TANAKA

鳴沢 明雄\*\*\*  
Akio NARUSAWA

大月 真一\*\*\*\*  
Shinichi OHTSUKI

### Summary

The need arises to join steel plates during the shop fabrication of bridge or building components. The process involves many different tasks, such as assembly, surface welding, reversing workpieces, back gouging, and back running. The work is dangerous, dirty, and noisy. Every firm in the industry is making efforts to improve the process in the face of labor shortages.

The system introduced here was designed to automate and reduce the manpower necessary to complete the process steel plate joining.

### 1. はじめに

建築鉄骨、鋼橋製作業界は近年厳しい労働力不足に悩まされている。これは将来的にも良い方向へ転向することも期待できない。当然これからは少ない人員で加工する必要があると考えられる。このような状況のもとで各社各様の省力機械が開発されている。

ここに紹介するシステムは省力化を目的に開発、設計したものである。

組立機構は従来は仮付作業を行っていたものを一度に溶接まで行うもので、板幅方向と板厚方向の寸法合わせ、ルート間隔の確保、裏当て材の取り付けを機械的に行い仮付溶接を省略している。部材の移動はローラーコンベア式とした。システムの全体配置を図-1に示す。

溶接機構は図-2に示すような4軸直交座標型のCO<sub>2</sub>溶接ロボットを使用しており、初層裏波溶接および連続多層溶接が可能である。溶接ロボットの仕様を表-1に示す。

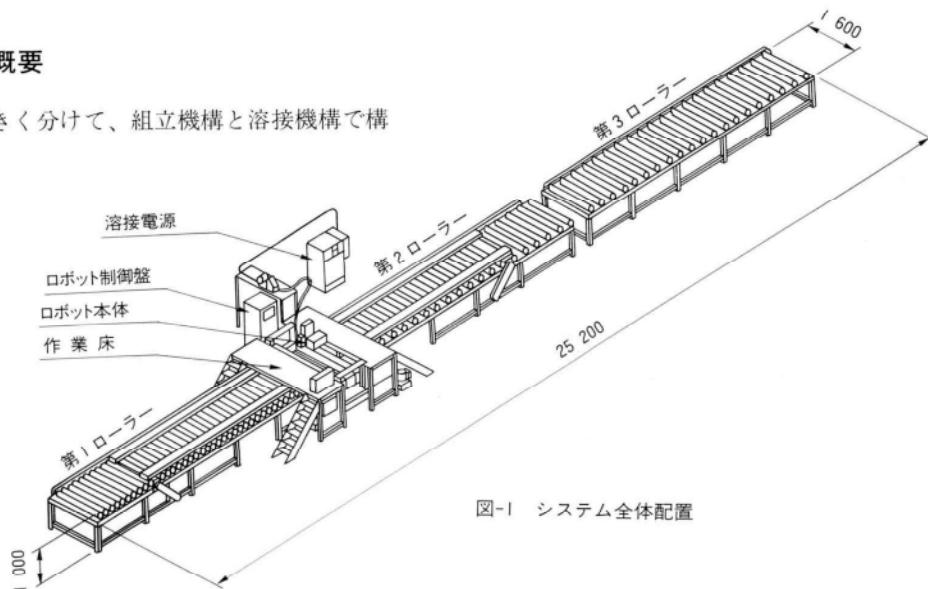


図-1 システム全体配置

\* 松本工場製造部生産技術課課長代理  
\*\* 松本工場製造部長

\*\*\* 松本工場製造部生産技術課長  
\*\*\*\* 松本工場製造部生産技術課

### 3. 機能的特長

#### ① 部材の反転作業およびガウジング作業が不用

一般的に板継ぎに適用されているサブマージアーク溶接および通常のCO<sub>2</sub>アーク溶接では裏面の溶接を行うため

に、表面溶接完了後に部材を反転しなくてはならず、その上CO<sub>2</sub>アーク溶接では裏はつりが必要である。本システムではセラミック製のパッキング材を使用して裏波溶接する方法を採用したのでこれらの工程が省略された。

#### ② 部材の心出し、心合せ作業が不用

板幅方向の心を機械的に合わせ拘束する機構としたことにより心の書き作業、糸張りならびに人手による心合わせ作業が不用となった。

#### ③ 部材拘束状態で溶接するので変形量が小さい

拘束なしの状態で溶接を行うと大きな溶接変形が発生する。これを防止するために形状保持を兼ねて板幅方向および板厚方向に油圧で拘束した状態で溶接することにした。これにより面内変形、面外変形ともに小さく押えることができた。

#### ④ 二次作業の自動化

裏波溶接を施工するためにルート間隔寸法の確保、裏当材の取り付けといった二次作業が出てくるのでこれらを簡略化、自動化する必要が発生する。ルート間隔寸法はスペーサーを自動的に挿入することにより確保し、裏

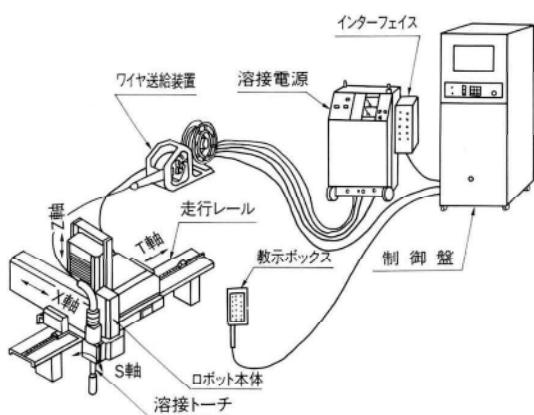


図-2 溶接ロボット概要図

表-1 溶接ロボット仕様

構 造		同時4軸直文座標系
駆 動 方 式		DCサーボモータ
ロボット本体	左 右 (X)	150mm
	上 下 (Z)	100mm(手動300mm)
	台車走行 (T)	1,360mm
	トーチ角 (S)	0~50°
最 大 速 度	左 右 (X)	45mm/sec.
	上 下 (Z)	40mm/sec.
	台車走行 (T)	25mm/sec.
	トーチ角 (S)	90°/sec.
位 置 再 現 精 度		±0.4mm
周 囲 温 度		0~45°C
外 形 尺 法		452W×461D×373H
重 量		18kg(トーチ、ケーブル含まず)

構 造		ラック付AI押出形
单 位 長 さ		1,800mm(継足し方式)
固 定 方 法		永久磁石
ガイドレール	レールのみ	5.1kg
	マグネット付	12.7kg

ト チ	ト チ 形 式	水冷330A 使用率100%(MAG溶接)
	ワ イ ヤ	φ1.2メタル系フラックス入りワイヤ
	コ ン ジ ッ ト、ケーブル類	3m付

構 造	制 御 盘	防塵自立型、キャスター付 教示ボックス
	経 路 制 御 方 式	PTP教示によるCP(溶接)再生
制 御 軸 数	同 時 4 軸	
溶 接 条 件 設 定	14"カラーCRTとの日本語対話入力(標準溶接条件内蔵)	
登 録 Job 数	最大60継手	
最 大 教 示 点 数	20点/継手	
位 置 制 御 方 式	DCサーボによる増分式デジタル	
ウ イ ー ビ ン グ	ソフトウェア方式	
リ ア ル タ イ ム 条 件 変 更	電流、電圧、速度	
セ ン サ 一 機 能	上下倣いアークセンサー	
自 己 診 断 機 能	入力ミス、溶接異常、ハード異常	
周 围 温 度	0~40°C	
ケ ー ブ ル 長 さ	15m	
外 形 寸 法	制 御 盘	600W×550D×1,600H
	教示ボックス	80W×25D×180H
重 量	制 御 燥	160kg
	教示ボックス	1.2kg

オ プ シ ョ ン	板 厚 範 囲 の 拡 大	Max60mm
	ブ リ ン タ ー	溶接施工記録や施工方法の検討等に利用

当材の取り付けはセラミックパッキング材を自動的に押し付けることとした。

#### ⑤ 組立て、溶接を1人作業で行える

一般的な施工方法では釘線、組立て、溶接、部材反転等多くの工程を通るため数人の作業者の手を経由する必要があるが、本システムの導入により一人作業で施工できるようになった。

### 4. 溶接条件の設定

溶接方法は、フラックスコアードワイヤ $1.2\phi$ 、CO<sub>2</sub>ガス100%の組み合わせで行う炭酸ガスマーク溶接で、開先については図-3の開先を標準的に使用している。

#### (1) 多層盛溶接と裏波溶接

本システムの設計にあたり、多層盛溶接と裏波溶接ができることが溶接ロット選定の条件であった。

多層盛溶接では、ワイヤの狙い位置、狙い角度（図-4参照）を合わせ、溶接電流・電圧・速度、ウィービング幅・速度、両端停止時間、シフト量を設定しなければならない。これらの条件の組み合わせは無限にあるが事前の実験により、実施工に使用する組み合わせは数種類に絞ることができた。

裏波溶接は、安定したビードを得るために溶接中のワイヤ狙い位置をクレーター先端から4~5mm以内になるように溶接速度をリアルタイムで制御することが必要である。一方、裏波溶接時にワイヤ狙い位置がクレーターとの位置にあるかによって溶接中の電流値が変化することからこの変化量を検出し、溶接速度を制御している。また、溶接中にもワイヤ狙い位置を修正することができるようになっている。

#### (2) 裏当材の検討

裏波制御を用い裏波溶接を行う場合、裏当材としてはフラックスタイプまたはセラミックタイプの裏当材が多く使用されているが、その他にガラスウールも使用されている。これら裏当材の材質や形状について試験した結果セラミックタイプを使用することとした。

特にガラスウールを使用した場合、裏波ビードの形状の良否の差が大きく安定性がなかった。また、ガラスウールの成分にボロンが入っているため初層割れの心配もある。

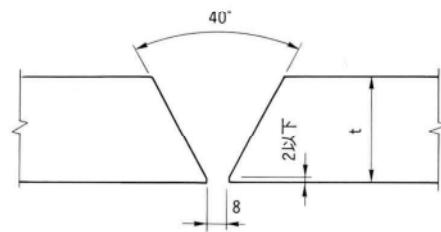


図-3 標準開先形状

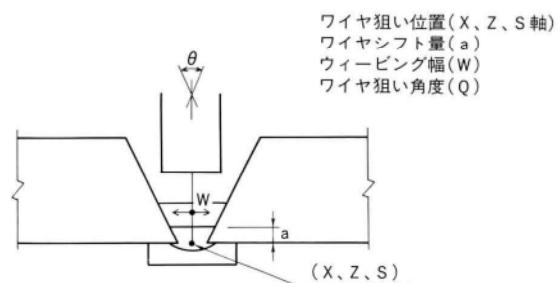


図-4 多層盛溶接

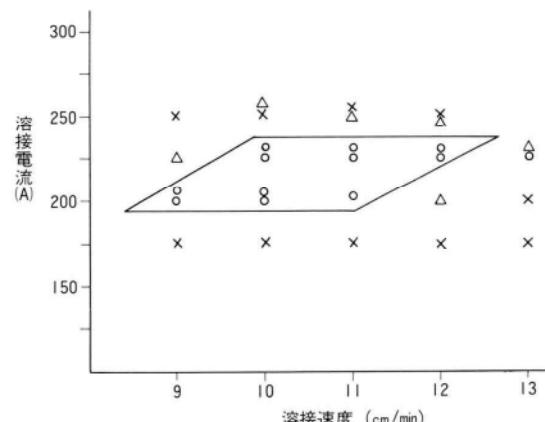
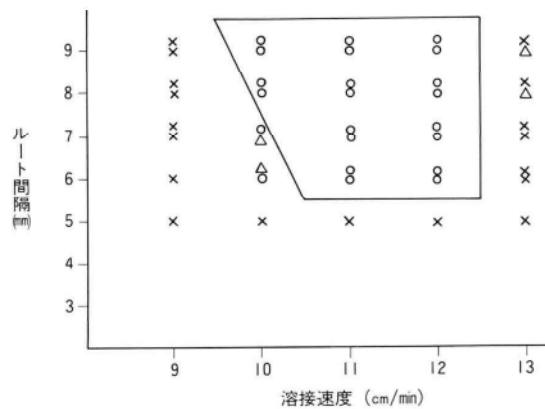


図-5 初層溶接条件設定データ例

### (3) 初層溶接の検討

裏波溶接を行う上で初層の溶接は特に重要であり、ルート間隔寸法は溶接条件を大きく左右し溶接品質に影響をおよぼす。そこで、ルート間隔と溶接条件の関係について検討を行った。

各ルート間隔に対する溶接条件の中で溶接品質に影響を与える要素は、

- ① 溶接電流、電圧
- ② 溶接速度
- ③ ウィーピング幅
- ④ ウィーピング左右停止時間

の4つが考えられる。溶接条件は、板厚、開先角度、ルート間隔の組み合わせ別に前述の実験を基に最適条件を登録した。図-5に条件設定試験のデータ例を、写真-1(良好例)



(良好例)

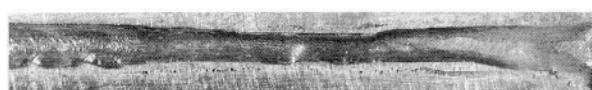


写真-1 裏波ビード外観

1に裏波ビード外観の例を示す。

### (4) 各層の溶接

各層毎の溶接条件は、標準条件を基準にしてウィーピング幅、回数および速度が1層当りの、のど厚で4~6mm程度になるように決定した。表-2に標準溶接条件の例を示す。

### (5) テーパーギャップ

工場導入後の実施段階では切断誤差等により溶接始終端のルート間隔に寸法差のある溶接部が発生することが考えられる。

ルート間隔が5~10mm、7~9mmおよび6~9mmの3種類について実験を行った結果、ギャップ差が3mm程度までなら対応可能な事が確認できた。裏波ビード外観および断面マクロの例を写真-2、写真-3に示す。

### (6) ティーチング

ティーチングは、初層溶接を行う為の位置と板厚、ルート間隔に適合した溶接条件の入ったデータバンクを呼び出すだけで全層溶接が行える。

表-2 標準溶接条件の例(住金溶接工業推奨条件)

\*\*\*\*\* フロクラム・リスト \*\*\*\*\* No. 1---60 インサツヒ '91/ 8/29 ヘーシ 40

フロクラムNo.40: トロクヒ '91/ 8/26  
カイサキ : V カタ \* ヨウセツ・ホウホウ : 1 ソウ · 1 ハス \* オウフク \* コウ · テンリュウ\* ウラアテサ\* アリ

イタツ カイサキカツ\* ルート・フェイス ルート・キヤップ\* キ・ヨウセツ・ハハ  
16mm 40ト 0mm 9mm 0mm

\*\*\*\*\* ヨウセツ ショウケン \*\*\*\*\*

イチ	ヨウセツ	クレータ	ウイーピング	ティシ・シカン	シフト	マチ										
ソウ	ハス	A	V	cm/分	A	V	シカ	ハハ	ソク	ヒタリ	ミキ	X	Z	T	S	シカ
**	**	A	V	cm/分	A	V	シカ	ハハ	ソク	ヒタリ	ミキ	mm	mm	mm	ト	秒
1	1	220	28	11.0	220	28	3.0	4	20.0	0.7	0.7	0.0	6.5	0.0	0	0
2	1	300	36	22.3	220	28	3.0	11	20.0	0.3	0.3	0.0	4.0	0.0	0	0
3	1	300	36	19.4	220	28	3.0	14	20.0	0.5	0.5	0.0	4.0	0.0	0	0
4	1	300	36	19.4	220	28	3.0	14	20.0	0.3	0.3	0.0	4.0	0.0	0	0

\*\*\*\*\* ニュウネツ リヨウ \*\*\*\*\*

ソウ	ハス	ニュウネツリヨウ	アーフタイム
**	**	KJ/cm	分/秒
1	1	33.6	9.1
2	1	29.1	4.5
3	1	33.4	5.2
4	1	33.4	5.2
**	**	*****.*	23.9

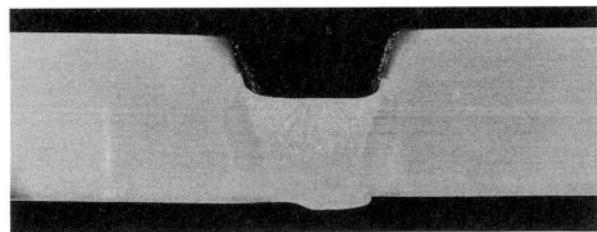
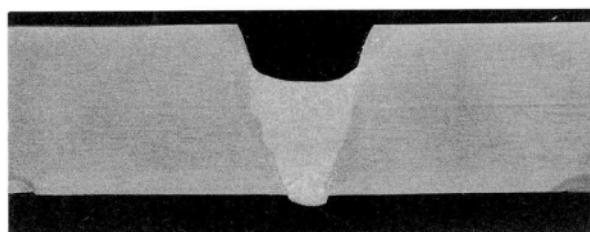
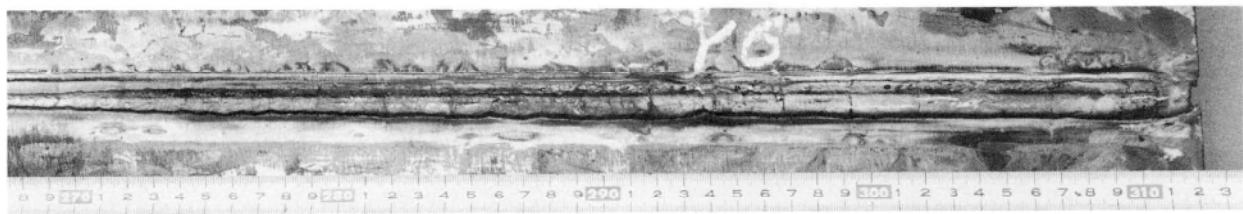


写真-2 テーバーギャップ5~10mm

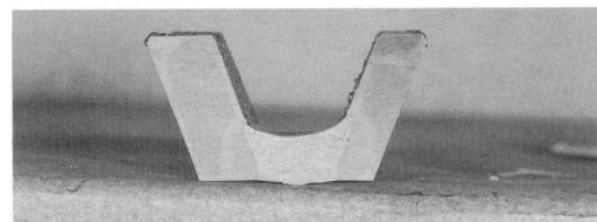
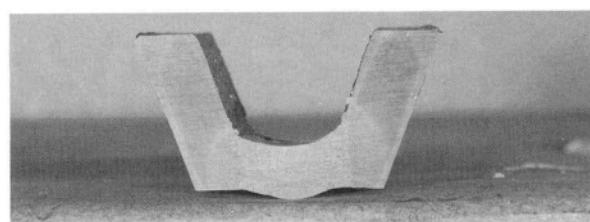
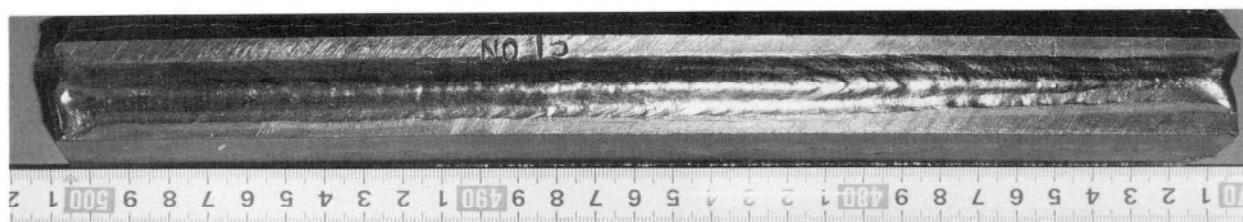


写真-3 テーバーギャップ6~9mm

表-3  $t=32\text{mm}$ 溶接条件

溶接条件				
バス数	電流(A)	電圧(V)	速度(cm/分)	積層形状
1	220	28	11	開先形状 角度 40° ルート間隔 8 mm
2	300	36	23	
3	300	36	20	
4	300	36	16	
5	300	36	14	
6	300	36	12	
7	300	36	19	
8	300	36	19	

通常、ティーチング位置は、開始と終了点の2点のみだが、切断の曲がりがある場合などは、溶接線中間点を追加入力する必要がある。またエンドタブを使用した時は、両端エンドタブ内と本体の両端の計4点入力とした方が、初層溶接時の狙い位置のズレを防止することができる。

## 5. 溶接継手部の機械的性質

溶接継手部の機械的性質について以下に述べる。

### (1) 溶接条件

鋼板SM490A板厚  $t = 16\text{mm}$ 、 $t = 22\text{mm}$ 、 $t = 32\text{mm}$ 、 $t = 40\text{mm}$ の4種類について溶接試験し、その機械的性能について確認した。溶接条件のうち、 $t = 32\text{mm}$ の例を表-3に示す。

### (2) 機械的性能

機械的性能に先立って実施した非破壊試験（超音波探傷試験および放射線透過試験）の結果はいずれも良好であった。試験一覧を表-4に示す。

表-4 溶接試験一覧表

試験板厚	試験項目	数量	規準	備考
40mm 32mm 22mm 16mm (SM490A)	超音波探傷試験	全数	建築学会規準	
	放射線透過試験	全数	JIS Z 3104	
	マクロ試験	I	JIS G 0553準拠	
	硬さ試験	I	JIS Z 3101準拠	測定部位 表面下 $1/2t$ 裏面下
	引張り試験	I	JIS Z 3121	
	曲げ試験	I	JIS Z 3122	
	裏曲げ試験	I	JIS Z 3122	
	側曲げ試験	I	JIS Z 3122	
	Depo	I	JIS Z 3128	$1/4t$ より採取
	Bond	I	JIS Z 3128	3本の平均値 試験温度 $0^\circ\text{C}$
	HAZ	I	JIS Z 3128	
溶着金属成分分析				
5元素 Cu Ni Cr Mo Ti Al Nb V				

表-5 機械試験結果( $t = 32\text{mm}$ )

試験の種類	試験結果									
マクロ試験	欠陥なし									
引張試験	降伏点 ( $\text{N/mm}^2$ )		引張強さ ( $\text{N/mm}^2$ )		伸びGL=50mm (%)		破断位置			
	370		525		43.4		Depo			
曲げ試験	表曲げ試験 欠陥なし									
	裏曲げ試験 欠陥なし									
	側曲げ試験 欠陥なし									
衝撃試験	Depo		114J							
	Bond		124J							
	HAZ		213J							
溶着金属成分分析 wt (%)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	
	0.07	0.47	1.4	0.016	0.009	0.01	0.01	0.03	0.01	
	Ti	Al	Nb	V						
	0.046	0.017	0.007	0.01						

機械試験結果のうち  $t = 32\text{mm}$  の継手引張試験、曲げ試験、衝撃試験および溶着金属成分分析結果を表-5に示す。また、 $t = 32\text{mm}$  の硬さ分布を図-6に示す。継手部のマクロ試験片を写真-4、曲げ試験片を写真-5、引張り試験片を写真-6に示す。

いずれも良好な結果でありこの溶接工法が継手性能を十分満足するものであることが確認できた。

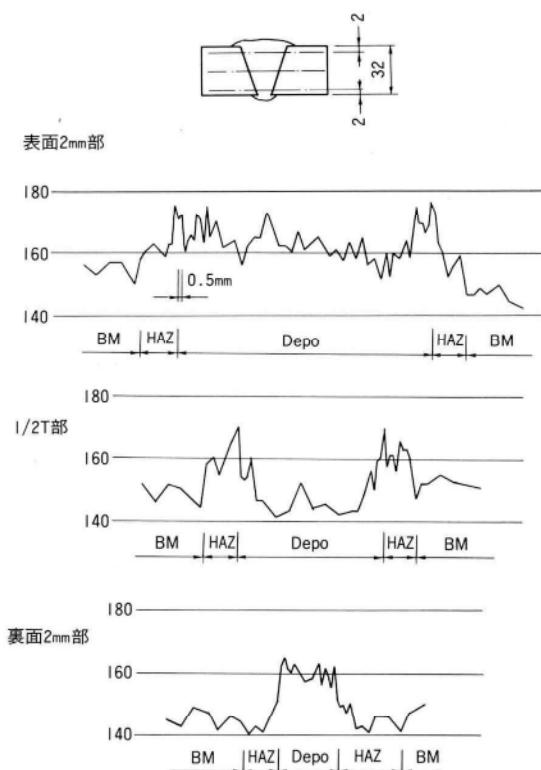


図-6 硬さ分布例 ( $t = 32\text{mm}$ )

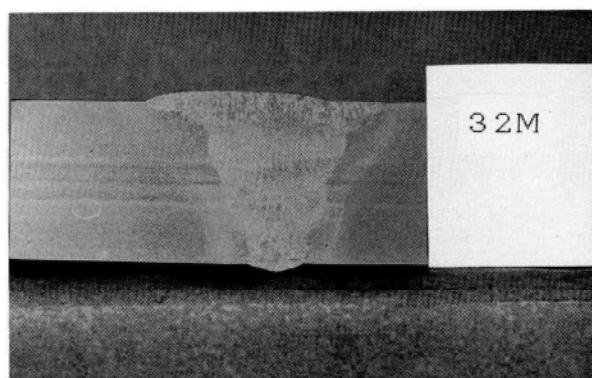


写真-4 マクロ試験片 ( $t = 32\text{mm}$ )



写真-5 曲げ試験片( $t=32\text{mm}$ )

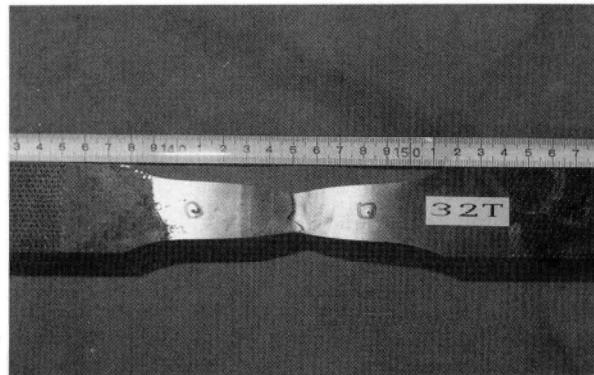


写真-6 引張試験片( $t=32\text{mm}$ )

## 6. 今後の課題

システムの方式を選定する段階からいくつかの問題点があった。このうちの一部は解決されたが下記のものが今後の課題として残った。

### ① 溶接タブ

溶接の始終端には鋼製タブを使用する方法が一般的であるが、工数削減のためにはセラミックタブを使用する等の方法を確立する必要がある。ロボットのハンドも含めて改善していかなければならないテーマである。

### ② 非破壊検査

X線検査、超音波検査等をラインに組み込んで連動させることによりさらにグレードアップを計ることも今後の課題である。

### ③ ノズル

ノズルは通常、テーパーノズルを使用しているが、板厚が $25\text{mm}$ 以上になると、開先面とノズルの干渉という問題が発生した。その際、ストレートノズルをつぶしてテーパーにすることにより、溶接が可能になったが、このノズルでは、上層を溶接する時シールド不良が起こるため、中間層でのノズル交換が必要になる。

### ④ 再アークの発生

本装置では、フラックスコアードワイヤを使用しているので、アーク中断後再アークを発生する場合、溶接ビード表面のスラグによりアークが発生し難い。従って4~5層溶接終了時に、スラグ除去を行わなければならず溶接作業中断を強いられている。

## 7. 結び

本システムを工場に設置し、試運転、調整まで完了した。これから本稼働となるが、実工事を流していく中でいろいろと細かい問題点が発生することも予想される。前述の今後の課題と合わせて早急に解決していかなければならない。また、生産量に合わせ本システムの増設も検討する必要がある。

最後に、本システムの設計、溶接試験に際し資料を提供していただいた住金溶接工業株式会社の関係各位に対し、この紙上を借りて感謝申し上げます。

1991.12.10受付

# 光学式3次元座標測定システムの開発

## Development of Optical Three-Dimensional Coordinate Measuring System

小出勝雄\* 下村時則\*\* 大場隆和\*\*\* 森下統一\*\*\*\*  
*Katsuo KOIDE Tokinori SHIMOMURA Takakazu OHBA Touichi MORISHITA*

### Summary

Computers have become thoroughly integrated into the process of designing steel bridges, and the computer information is utilized for manufacturing and contributes to labor savings. However, control over the form of finished products is still generally performed by correlating fragmentary measurement data by paper and pencil.

Thus, the possibility of developing a simple and inexpensive system for making three-dimensional measurements was investigated. The concept is to measure objects using information obtained, using a standard scale by a precision goniometer, and to perform real-time analysis of the date by computer.

### 1. はじめに

現在、鋼橋における形状管理ではテープ、レベル、トランシットその他の小道具により各部の寸法を計測し、これを紙面上で関連づけ全体形状を割り出す方法で行っているのが一般的である。土木・建築の分野では光波を飛ばし距離や鉛直度を測定してきたが、初期誤差など精度に限界があり、鋼橋の製作ではあまり用いられなかつた。

製品精度は、計測技術との関係で進歩し、精密製品を初め各分野では以前から、接触方式や非接触方式で超精密な3次元計測を行っているが、その規模は、鋼橋のような大規模なものではなく、極く限られた範囲のものである。

近年、測定技術の進歩はめざましく、小さな分野の技術がだんだんと大型化し、遠くから測定点を視準しシステム化した専用機でその形状を把握するまでに至っている。

本報は比較的手軽に購入できる精密測定機の高精度な測角機能を用い、角度情報を手持ちのパソコンに取り込み、ホストコンピューターとのやり取りと高倍精度計算で3次元座標として素早く処理する方法を紹介するものである。

これによって、従来の方法では直接測定できない点間寸法、大型部材の仮組形状を測定でき、リアルタイムに

データ分析を行うことができる。遠くから測定点を視準するという非接触方式であるから、測定足場も不要で、作業も安全に行えるものである。

### 2. 測定システム開発経緯

鋼橋において、設計、原寸、罫線、切断、穿孔、溶接など電算機の活用が盛んになり、種々3次元処理されるようになってきた。特に設計値に加工情報を加えた原寸データは、部材や仮組立のデータとしてほとんどそのまま活用できるものである。特に近年の鋼橋は、部材の大型化、複雑化のほか精密化によって、測定精度の向上と測定作業の省力化が要求されてきている。

そこで平成元年6月、第1次として3次元座標測定をシステム化しテストに入った。その結果測定の原点とも言うべき測定機A、Bの関係測定の段階で大きな初期誤差が入ったため、精度上の疑問が残った。

その後平成2年12月、初期誤差の混入しない計算式を作成し、第1次を改良して第2次の3次元座標測定システムとした。

### 3. 測定システム概論

2台の測定機A、Bにより基準点と測定点との視準角を測定する(図-1)。この測定角で座標計算を行い基準

\* 経営企画本部経営計画部情報システム課課長代理

\*\*\* 経営企画本部経営計画部情報システム課課長

\*\* 経営企画本部経営計画部情報システム課係長

\*\*\*\* 千葉工場製造部付課長

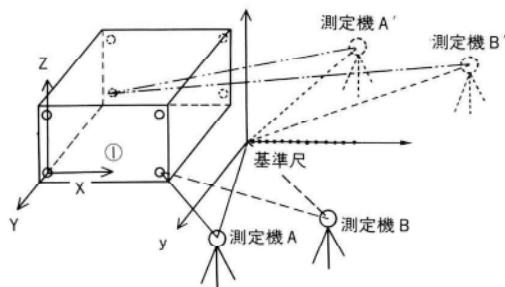


図-1 3次元測定

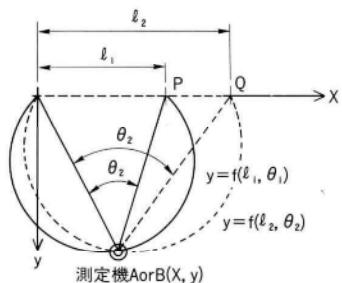


図-2 測定機の計算座標

尺の“0”点を原点とする座標系として3次元座標値( $x$ 、 $y$ 、 $z$ )が各測定点について求まる。基準尺と被測定物の関係が固定されている限り測定機は何処にセットされても基準尺の“0”を原点とする座標系にて計算される。この測定座標を基に、必要な座標( $x$ 、 $y$ 、 $z$ )に座標変換を行い、設計値や計画値と比較すれば出来形の良否の判定ができる。

#### 4. 3次元測定理論

実長を水平距離として許容される誤差内で基準尺を水平にセットし、その基準尺ポイントをAの測定機から角度測定し、 $y = f(l_1, \theta_1)$  と  $y = f(l_2, \theta_2)$  式によりその交点座標を計算すれば基準尺の起点を原点とし基準尺をX軸とする水平面座標A ( $x_A$ 、 $y_A$ ) が求まり、仰角を測定すれば、A点の $z_A$ も求まる。よってA ( $x_A$ 、 $y_A$ 、 $z_A$ ) が求まる(図-2)。

即ち、この計算の基準となるべき測定機A、Bの座標関係が、基準尺の既知長さ “ $l_1$ 、 $l_2$ ” と “それを狭む角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ” によって求まることになる。

この計算ポイントA、Bから “基準尺の起点から測定

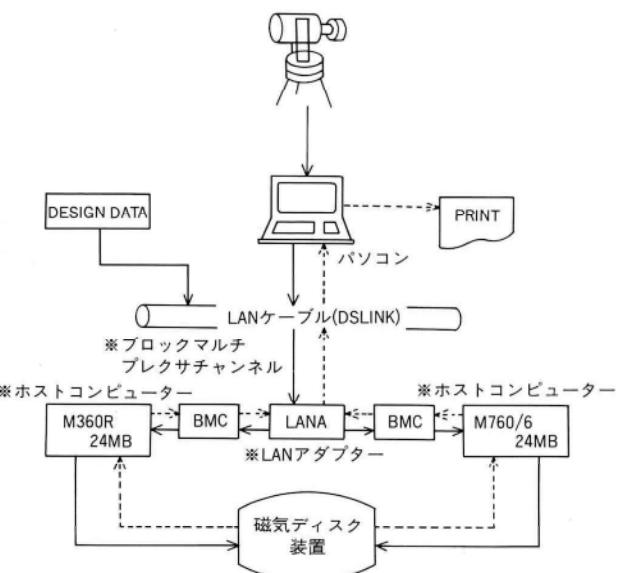


図-3 測定システム

点①までの水平角、仰角をそれぞれ測定すれば“既知の長さの一辺とそれを狭む2角”より測定点①の( $x_1$ 、 $y_1$ 、 $z_1$ )が求まる。

これを必要な測定点⑩まで求めれば、すべての点が3次元で求められる。

この座標を基に、必要な点を原点とする座標系に変換し、製作座標と対比する。

#### 5. 測定システムのレイアウト

ここで測定する角度の最小値は少なくとも“1秒”以下のものであり、計算上の誤差は実用上“零”としたい。そこで、測定機からのデータをホストコンピューターの4倍精度で計算させるものとし、その結果は再びLAN経由で手持ちのパソコンに送り出すこととした(図-3)。

#### 6. 角度測定精度

本システムは基準尺既知長さと測定角度情報で処理するものであり、精度上問題とすべき第1は測定機の精度、第2は測定機の配置、第3は測定点の視準精度である。

表-1 立体大寸法測定例(①、②、④のY値(奥行)を零として座標変換)

測定方法		①	②	③	④	⑤	
FM移動値	x	0	0	10 000	10 000	5 000	
	y	0	0	0	0	0	
	z	0	4 500	4 500	0	0	
3次元測定	X	0	-0.16	9 999.35	9 999.26	5 000.59	
	Y	0	0	0.53	0	0.36	
	Z	0	4 500.34	4 499.91	0	0.39	

現在測定機は大変分解能が高く、橋梁の部材や仮組立に對しては十分に適用できるものである。次に、測定機の配置は物理的制約であり、計画段階で十分に考慮しておかなければならぬ。

視準精度は、測定距離にあまり関係なく、今回の視準マークでは0~4秒程度のバラツキを生じる可能性がある。角度4秒で10メートル当り0.2mmとなり、測定機A、B相互の誤差が累計されると1mm程度の誤差になってしまう。しかし、大型長尺測定物や直接計測できない点間距離の測定において、現状の測定方法に比しても劣らない測定精度が得られると推定される。

試験測定の1例を表-1に示す。

## 7. 橋梁への応用

この3次元測定においては、物理的方法では測定できないポイント間の測定ならびに基準になる点・線・面を設定出来ない点の測定を行うことができ、高所・空間的なポイントの測定などにも適し、橋梁工事に関しては次

のような形状管理に適用できる。

- ① 製作時、完成時の部材形状管理および机上仮組立
- ② 実仮組立および現場架設形状管理
- ③ 重複仮組立を行わない工区境の精度管理

## 8. 今後の課題

本システムは、パソコンを活用し手軽・安価に測定をシステム化できるもので、測定精度上はいま一歩であるが、リニアスケールのような精密・正確なスケールを円盤状にセットした角度測定機を搭載し、受光素子などの応用により視準精度が得られれば、現在橋梁に求められている測定単位の10分の1程度の値で、しかも信頼される値として得ることができるものとなる。

なお、測定作業は1ポイントにつき2台の測定機で1回の測定を要するので、その後のデータ処理作業とのバランスにおいて適用選択することが必要である。

1991.11.25受付

# ニールセン橋(川津大橋)の架設時の精度管理

## Quality Control in Construction of a Nielsen Bridge (Kawazu Ohashi Bridge)

能登宥憲\* 山下久生\*\*  
*Hiroyoshi NOTO Hisao YAMASHITA*

### Summary

Similar to cable-stayed bridges, Nielsen bridges are structures with a high degree of freedom in which cables are used. During the design process close attention is paid to optimizing prestress for mechanical efficiency and to minimize the steel weight of girders, and the accurate achievement of designed tension and form is vital.

Unfortunately, discrepancies between design, manufacture, and construction influence form, tension, and stress. The resulting errors must be kept within the allowable tolerances. Additionally, efficiency and safety must be maintained during construction. For these purposes, we have exercised quality control over construction using a computerized system and real-time processing.

### 1. まえがき

川津大橋は和歌山県に境を接する奈良県の山間の十津川村に位置しており、新宮川を塞き止めて作られた風屋ダムのダム湖を渡るニールセン型ローゼ橋である。

本橋は平成3年3月に竣工しているが、架設時の精度管理を鋼桁閉合時（平成2年9月）、舗装敷設時（平成3年1月）に行っている。これらについて報告するものとする。

### 2. 概要

ニールセン橋は斜張橋と同様に、ケーブルを有する自由度の高い構造物である。設計段階で力学的合理性、鋼桁自重最小化を目指した最適プレストレスが設定されており、張力・形状ともにその再現が必要不可欠である。しかるに設計・製作・架設の各段階で生じた各種不整合が、構造物の形状・張力・応力に影響を与え誤差を生みだしている。これらを所要の範囲内でバランスよく収める必要がある。また、架設時の作業効率・安全性を最大限に図る必要がある。このためにコンピュータシステムによるアリルタイム処理の精度管理を行った。

### 3. 管理方針

構造特性調査から得られる各種データと現場の作業条件、施工性、安全性を考慮して管理方針を以下のように決める。

- ① 精度管理の対象とする架設段階は、鋼桁閉合時、完成時の2ステップとする。
- ② 計測当日、最終の架設時荷重を確認し、必要に応じて管理値の修正を行う。
- ③ 管理項目をケーブル張力、下弦材のキャンバーとし、上下弦材の応力を安全性の照査に用いる。
- ④ 計測の前段階として温度の経時計測を行い、上下

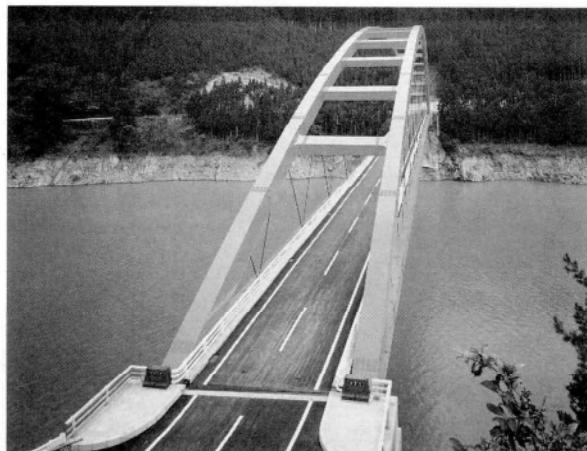


写真-I 川津大橋全景

\* 技術本部先行技術研究室課長

\*\* 技術本部設計部設計第2課

表-1 計測項目と管理値の許容値

	計測方法	管理値の許容値
ケーブル張力	サーボ加速度計(常時微動法) 振動法の補正是ジャッキ法	$\Delta T = T_a - (T_d + T_1)$ $\Delta T$ : 余裕量
下弦材形状	光波式測角測距儀による計測	$\Delta y = \pm  25 + (L-40)  \times \frac{1}{2}$ $= \pm 92 \text{ mm}$
橋体温度	上弦材、下弦材、供試体ケーブルに熱電対を貼付	
外気温	上・下弦材のBox内外面に熱電対	
断面応力	軸部添付式歪ゲージ	

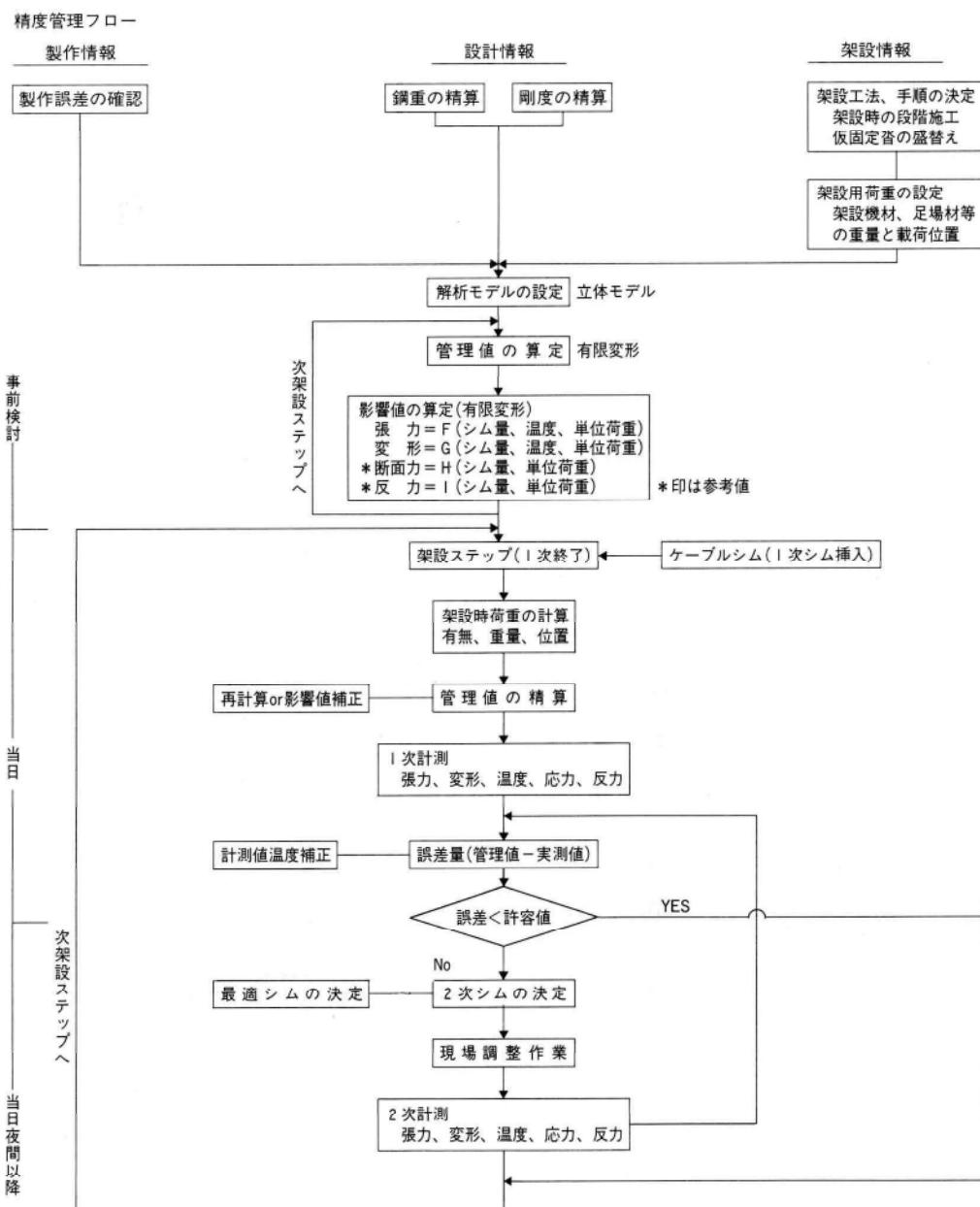


図-1 精度管理フロー

- フランジの温度差の少ない最適計測時間を決定する。
- ⑤ ケーブル張力の計測は振動法とし、ケーブルの曲げ剛性、支持方法に対する補正（キャリブレーション）はジャッキ法を正解値として行う。
  - ⑥ 各種不整により生ずる管理値との誤差をケーブルのシム量の変化により調整する。対象ケーブルは全ケーブル64本とする。

#### 4. 計測項目と管理値の許容値

計測項目はケーブル張力、下弦材形状、上下弦材断面の応力、上下弦材、ケーブルの温度、外気温の5項目である。各項目の計測方法は表-1に示す通りである。

管理項目となるケーブル張力、下弦材形状の許容値は表-1に示す通りである。

#### 5. 精度管理システム

本システムは図-1の精度管理フローに示すように、構造特性計算、管理値・影響値計算の事前解析システムと、現地における計測とその処理を行う計測システムと、その計測結果と管理値を対比して、最適シム量の決定を

行う解析システムとから構成されている。本橋の事前解析の架設時解体計算では、構造モデルを立体とし、ケーブルをカテナリーとして有限変形解析を行っている（図-2）。

構造特性計算では、構造系の形状、剛性に基づくものの、荷重の大きさと偏載、荷重としての自然条件の変化に対して力学諸量が求められている。

各種計測値は温度による影響を補正し、さらにケーブル張力はケーブルの曲げ剛度、ソケットの支持等の補正を行っている。

各種計測用センサーの配置、キャンバー計測位置は図-3の通りである。温度・応力はセンサーで感知され、電気信号に変換されたデータはRS422の端子を介して長い距離を伝達される。キャンバー計測は光波式測角測距儀を不動点に設置して、計測位置のプリズムを覗くことによって行われる。そして計測値は直結のフィールドコンピュータによって直ちに処理される。

最適シム量の計算方法には4種類の方法が用意されている。本橋ではケーブル張力、キャンバーの重みを工学的判断により決定し、最小二乗法を用いてシム量を求めている。この結果から作業性等を考慮して、有意なシム量を決めて、任意シム法によって応答値等を計算する。

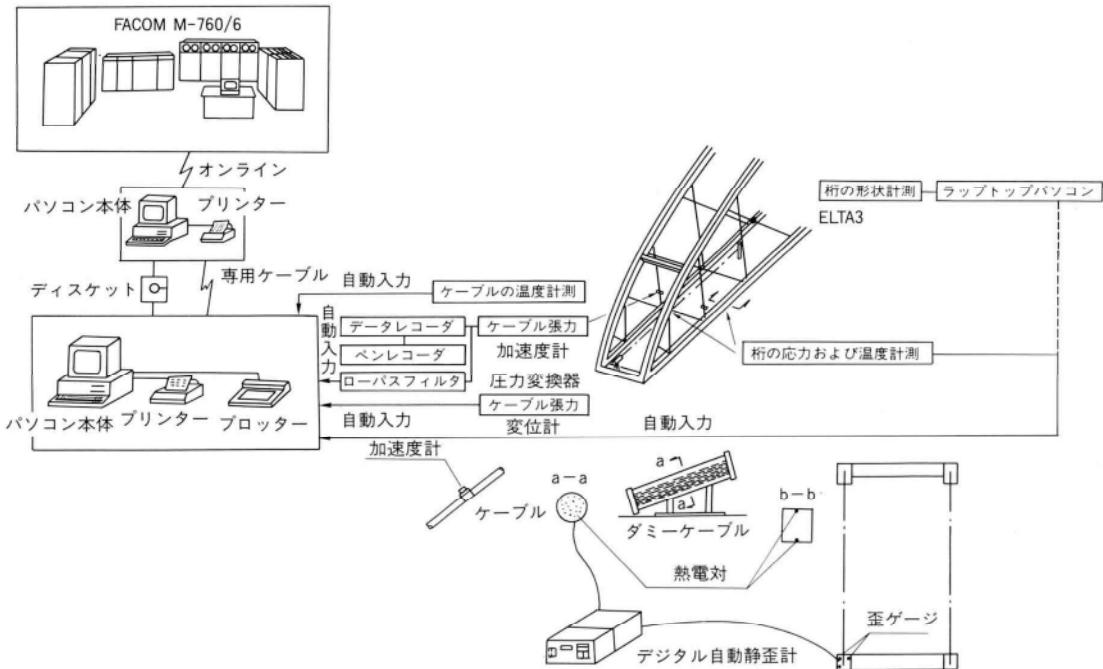


図-2 精度管理システムの概略

## 6. 構造特性計算

構造特性計算に用いる構造系は、閉合時、完成時と形状はほぼ同じであるが、見掛けのケーブル剛性が多少異なる。ここでは完成系の特性値について述べる。

各種の不整量として、剛性、鋼重、ケーブル長と定着間距離、弦材の角折れ、温度変化等がある。また、構造物としての余裕量をあらかじめ知っておく必要もある。

ここでは剛性、鋼重の変化についてのみ述べる

剛性（ケーブル除く）が5%低減した場合、ケーブル張力は端部数本のケーブルが1tonf前後の変化をする。下弦材形状は支間中央を最大とする放物線形状で増加する（図-4a、4b参照）。

鋼重（ケーブル除く）が5%増加した場合、殆どのケーブルが1tonf以内の増加をし、形状は放物線形状で増加し、最大たわみ7mm位である（図-5a、5b参照）。

## 7. 計測結果、最適シム決定および考察

精度管理は閉合時と完成時に行われた。ここでは閉合時の第1回計測（MSTEP1-1）と完成時（MSTEP2-i）について述べるものとする。

### (1) 計測結果

本計測を行う時間を設定するための温度経時計測によると、ここ山間部の湖面上で部材断面の温度勾配が零になるのは、閉合時（9月中旬頃）で20時、完成時（1月中旬頃）で15時過ぎであった（図-6a、6b参照）。

閉合時の第1回計測値（標準シム状態）には、ニールセン橋の特徴がよく現われていた。即ち上下弦材が接合する桁端の隅角部近傍は剛性が高く、かつ、ケーブル長が極端に短いので、形状の誤差がそのままケーブル張力に現われている。特に両主構面の端部ケーブル4本は、そのうち3本が張力零、1本が張力26.9tonf（管理値の約3倍）であった。また形状誤差は支間の1/6、5%点が零と

- : ケーブル張力計測位置 ○ : 応力計測位置  
 ◇ : 温度計測位置 I : キャンバー計測位置  
 ◇ : 温度計測用供試体ケーブル

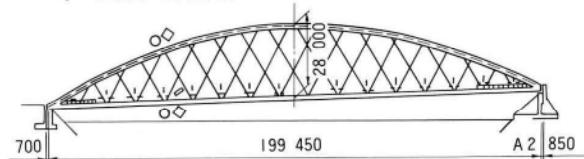


図-3 川津大橋一般図および各種計測位置

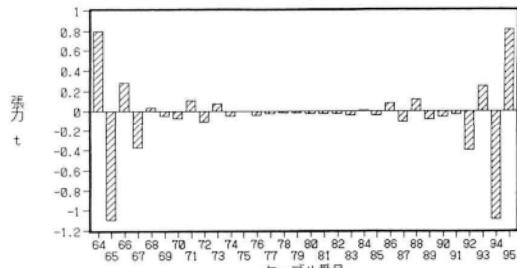


図-4a 剛度(-5%)とケーブル張力

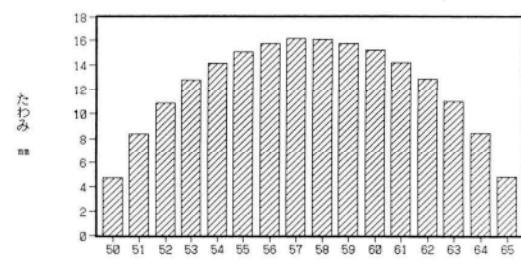


図-4b 剛度(-5%)と形状

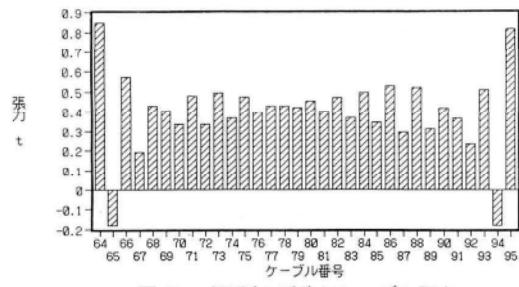


図-5a 鋼重(+5%)とケーブル張力

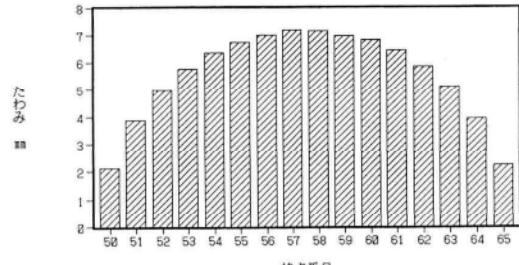


図-5b 鋼重(+5%)と形状

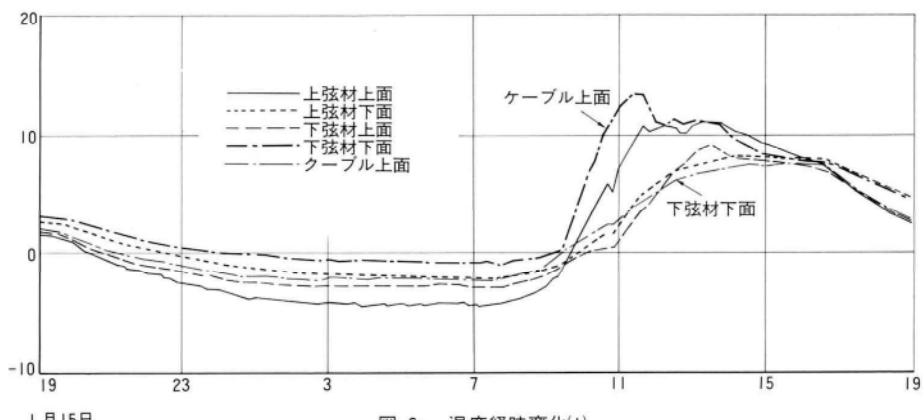


図-6a 溫度経時変化(I)

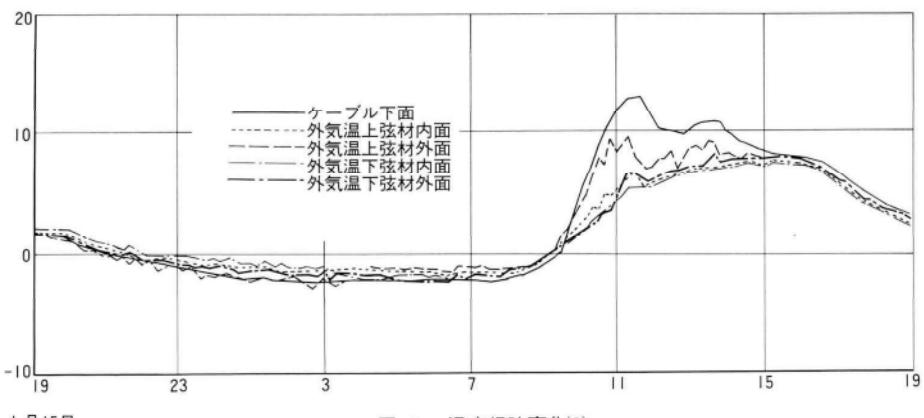


図-6b 溫度経時変化(2)

なり、桁端部は下がり気味、中央は上がり気味の状態であった（図-7、図-8 参照）。

上記の計測値と管理値の差を初期値にして、閉合時、完成時の各調整時点における差を表-2、表-3に示す。閉合時の管理値は鋼桁架設まで、完成時のそれは床版、舗装の打設が完了しており、荷重が3倍位に増加している。このことから調整による精度の履歴は誤差率で論ずることも考えられるが、絶対量を把握するために、誤差（=計測値-管理値）の履歴で現わしている。これらの表より、張力、形状の調整による改善の過程が良く判る。

完成時の第3回計測値（最終計測の結果）を図-9、図-10に示す。ケーブル張力の誤差は端部の2本が-4 tonf、他のケーブルは殆んど±2 tonf以下になった。また、振動数の採取は、閉合時には一部のケーブルを加振していたが、完成時には加振することなくすべて常時微動によりできた。

形状の誤差は管理値より高い側へ最大12mm、低い側へは7mmであった。

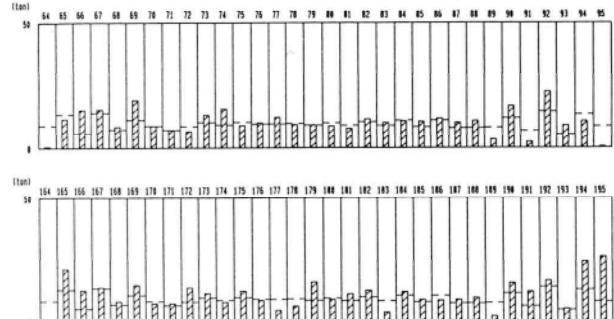


図-7 張力計測図MSTEP1-I

(a)

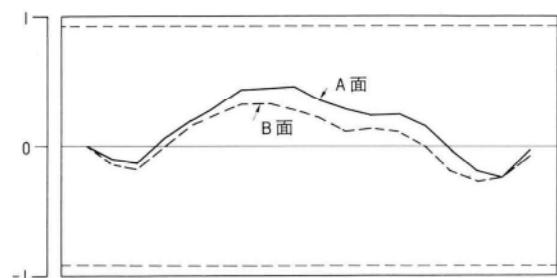


図-8 形状側面誤差図 MSTEP1-I

表-2 張力誤差の履歴  
(単位:tonf)

	閉合時		完成時			
	I-I	I-II	2-I	2-II	2-III	
A 面 (上流側)	64	-8.66	5.03	-1.69	1.35	1.11
	65	-1.87	-5.62	-0.46	1.40	0.65
	66	6.33	5.52	5.51	0.21	0.50
	67	1.39	-1.47	0.71	0.66	-0.17
	68	0.16	0.94	0.95	3.61	3.66
	69	7.90	-2.15	2.43	0.79	0.91
	70	-1.84	1.54	3.35	1.14	2.56
	71	-0.71	2.81	4.36	1.81	1.81
	72	-2.01	-0.25	2.03	4.45	1.92
	73	2.31	0.60	0.76	2.00	1.98
	74	4.86	2.06	2.64	2.72	3.61
	75	-1.74	2.35	3.37	2.69	2.20
	76	-0.61	0.55	1.81	1.82	2.25
	77	2.02	0.61	-0.77	-1.97	-0.80
	78	-0.96	-0.34	-0.80	1.48	0.35
	79	-0.45	1.19	0.33	1.71	0.42
	80	-1.32	-2.19	-1.30	-0.74	-1.31
	81	-1.60	0.56	-0.31	0.43	-0.34
B 面 (下流側)	82	0.54	-1.16	-0.56	-1.92	-1.79
	83	0.17	0.17	1.87	1.83	2.46
	84	-0.86	-1.52	1.40	0.35	-0.49
	85	1.00	1.00	0.98	1.05	1.13
	86	0.18	-1.11	0.86	1.61	0.82
	87	0.18	1.64	3.25	2.59	1.52
	88	1.82	2.09	3.71	0.63	0.58
	89	-5.06	0.72	-1.80	0.22	1.64
	90	1.40	-3.14	-0.27	2.13	1.32
	91	-4.65	2.02	3.39	-1.51	0.66
	92	7.88	-3.40	1.97	2.35	1.79
	93	1.83	1.99	1.32	3.62	2.31
	94	-2.72	-5.56	-0.49	-1.91	-0.64
	95	-8.35	1.06	-4.59	-4.15	-4.10
B 面 (下流側)	164	-8.67	-2.76	-10.00	8.84	1.32
	165	3.94	-4.13	6.48	-1.70	0.42
	166	4.73	5.92	4.46	-2.16	-0.06
	167	-1.10	-5.04	-3.17	1.39	0.30
	168	0.48	2.37	1.54	2.91	3.08
	169	1.07	-2.55	1.61	1.61	0.79
	170	-2.45	2.30	4.80	3.34	3.99
	171	-0.02	2.26	5.06	1.98	1.50
	172	2.79	0.63	2.87	4.45	1.92
	173	1.27	1.61	1.89	4.33	1.98
	174	-1.53	-1.01	-1.12	0.63	2.65
	175	1.98	0.90	2.16	3.44	3.44
	176	-1.44	1.14	1.75	0.68	0.69
	177	-4.66	-0.07	-1.34	0.93	1.05
	178	-3.23	-0.65	-0.83	-0.81	-0.81
	179	6.49	3.33	6.29	1.56	2.12
	180	-0.96	-0.96	-0.12	-1.28	-1.16
	181	2.11	0.17	0.94	1.72	1.95
	182	2.00	-0.83	0.63	-0.64	-0.75
	183	-4.47	-1.94	-2.21	0.88	0.86
	184	0.89	-0.17	1.40	1.43	1.54
	185	-0.01	0.23	1.91	0.04	0.12
	186	-2.33	-1.42	-0.84	0.81	1.41
	187	-0.42	0.36	2.43	4.93	2.87
	188	1.14	3.53	5.83	0.55	0.60
	189	-5.36	-2.90	-3.07	2.32	3.01
	190	0.90	-3.64	-1.10	-0.44	-0.37
	191	4.57	9.75	11.45	-1.97	0.96
	192	0.94	-6.74	-4.79	-2.14	0.27
	193	-0.74	1.47	-0.12	3.38	1.26
	194	11.38	-0.04	3.59	8.53	-1.92
	195	18.05	-6.31	-10.54	3.09	-4.57

表-3 形状誤差の履歴  
単位 (mm)

	閉合時		完成時			
	I-I	I-II	2-I	2-II	2-III	
A 面 (上流側)	66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50	-10.0	-1.5	-6.7	-7.1	-7.7
	51	-12.8	2.7	-9.7	-6.5	-8.5
	52	4.8	16.3	0.5	4.1	2.7
	53	18.9	21.4	0.2	4.2	3.5
	54	29.8	24.3	-3.4	-4.3	-2.1
	55	43.3	32.8	1.9	2.2	-0.8
	56	44.8	30.3	-1.4	1.0	-6.0
	57	45.6	31.6	2.0	4.4	-0.6
	58	34.9	21.4	-8.7	-4.4	-6.4
	59	28.1	-9.4	-10.7	-2.5	-4.5
	60	23.2	15.7	-12.0	-5.8	-3.8
	61	24.4	18.9	-2.8	7.1	0.4
	62	15.3	21.8	0.5	10.3	6.6
	63	-3.9	9.6	-4.1	5.4	2.0
	64	-19.3	2.2	-9.8	-3.6	-4.7
	65	-23.9	-8.4	-16.9	-14.3	-11.9
	97	-3.0	-3.0	-7.0	-7.0	-7.0
B 面 (下流側)	166	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	150	-13.5	-2.5	-9.6	-7.9	-6.5
	151	-16.8	-1.3	-12.5	-9.3	-10.4
	152	-1.2	12.3	-2.5	1.1	0.7
	153	15.4	21.4	2.2	7.2	6.5
	154	24.8	25.3	0.6	0.7	3.9
	155	32.3	25.8	-1.1	1.2	-1.8
	156	32.8	25.3	-1.4	2.0	-3.0
	157	28.1	21.6	-4.1	2.2	-1.8
	158	21.9	-4.1	-7.7	0.6	-1.4
	159	11.1	8.6	-16.7	-5.5	-8.5
	160	13.2	11.7	-13.0	-4.8	-2.8
	161	10.9	14.9	-7.8	4.1	-3.6
	162	0.3	10.8	-5.5	7.3	4.6
	163	-18.9	-2.4	-13.1	-0.6	-4.0
	164	-26.8	-1.8	-13.8	-6.6	-5.7
	165	-23.4	-5.4	-13.9	-10.3	-6.9
	197	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0

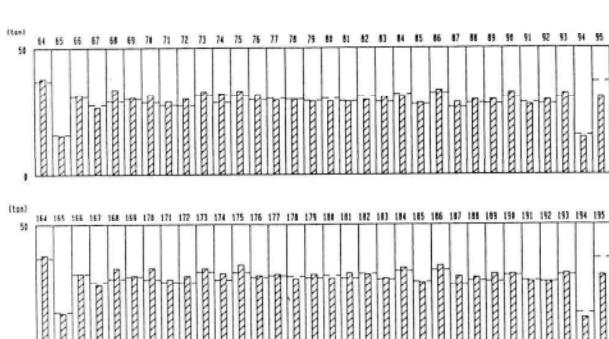


図-9 張力計測図MSTEP2-3

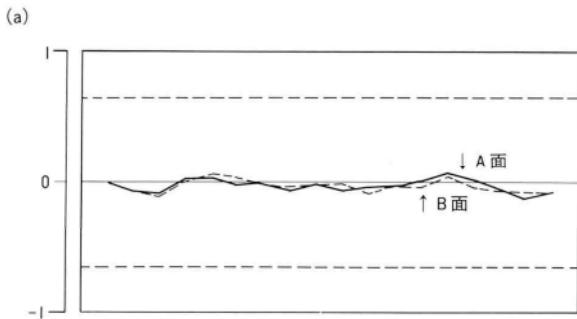


図-10 形状側面誤差図 MSTEP2-3

部材の応力は解析値より多少低めであったが、ケーブル引込み時の構造物の安全性の確認の参考になった(図-11参照)。

## (2) 最適シム決定

シム調整は閉合時に1回、完成時に2回行っている。完成時の第1回目のシム量の決定では、張力、形状の重み係数の組み合わせを4種類計算し、最適値を探査した。このシム調整後の第2回計測で、端部ケーブルに8tonf位の誤差が生じており、さらに第2回目のシム量の決定を行った。ここでは調整ケーブル数が少なくなることも目的に入れた。この結果は前述した通りであり、全体として良い精度の管理が行えたと思われる。

## 8. まとめ

架設時の精度管理は、当然のことながら製作時の精度が基準になる。ニールセン橋では、上下弦材の接合部である端部の隅角部は剛性も高く、形状誤差が生じると調整しにくく、さらに支間中央へと波及していく。

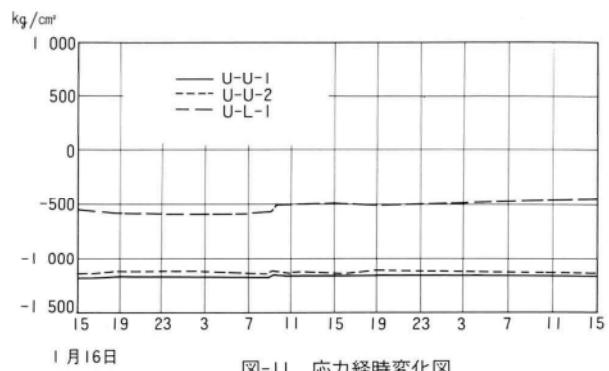


図-11 応力経時変化図

本橋ではシム調整回数を閉合時1回、完成時2回行っており、そのかなりの部分が端部付近のケーブル張力の調整に意を注いでいた。このことは隅角部の形状に關係していたものと思われる。

また、閉合時と完成時の境界で誤差量が変化したのは、床版打設による下弦材側の剛性増加と見かけのケーブル剛性の変化に一因があるものと思われる。

## 9. あとがき

本稿を執筆するにあたって、奈良県五條土木事務所の皆様に御協力戴いたことを紙上を借りて感謝いたします。

## 〈参考文献〉

- 1) 能登；斜張橋架設時の精度管理システムの開発、宮地技報7号、1991年2月
- 2) 藤沢；斜張橋架設時のシム量決定方法、橋梁と基礎18巻9、10号、昭和59年9月・10月

1991.12.10受付

# 有明コロシアム大屋根架設工事

## Constructing the Wide-Span Roof of the Ariake Colosseum

西垣 登\* 奏 孝\*\*  
*Noboru NISIGAKI Takashi HATA*

### Summary

The Ariake Colosseum was the largest outdoor tennis-court complex in Asia. Recently it was provided with a movable roof, which was added to the previously existing structure in the largest project of its kind in Japan, to permit more efficient use of the facilities. The main frame of the roof is composed of arched steel trusses spanning 136 meters, supported by inverted quadrangular pyramid column bases.

The roof is divided along the north-south axis into two sections which can be moved in parallel. To build it, a vertical jacking method combined with a travelling method was chosen after considering various constraints such as load limits and the displacement of the roof structure.

Construction involving 3,000 tons was completed in the short period of four and a half months. This paper outlines the construction process.

### 1. まえがき

東京都立有明テニスの森公園は、文化・スポーツ・レクリエーション機能を有し、その中心的施設である有明コロシアムは1万人収容の屋外テニス競技場である。毎年4月にテニスの国際試合ジャパンオープンが開催されている。しかし、屋外施設であるため、悪天候によりイベントが中止になったり、試合スケジュールが大きく狂うことなどが多く、施設の有効活用の目的として建物の上部に開閉式屋根を増設する工事が行われた。本報告書は、わが国の大規模開閉式屋根の架設工事の概要を記すものである。

### 2. 工事概要

本工事は既存建物の構造に悪影響を及ぼさずに、開閉式屋根を構築する独立構造体となっており、スパン136mのアーチ形状の鉄骨トラスは、逆四角錐形状の柱脚に支えられている。各柱脚には走行台車が配置され地上走行路上を南北方向に2分割されて平行移動する。移動距離は南側へ52.5m、北側へ21.0mで、約20分で移動できる開閉システムが用いられている。屋根構造図を図-1に実施工程表を表-1に示す。また、建築概要ならびに施工数量等は以下の通りである。

1) 増設屋根水平投影面積 17,366m<sup>2</sup>

\* 宮地建設工業(株)東京支店工事2部計画2課課長補佐

\*\* 宮地建設工業(株)東京支店工事1部工事課課長補佐

- 2) 建築高さ 軒高 18.45m 最高高さ 40.10m
- 3) 支間 136.0m
- 4) 屋根仕上 折版 (内部断熱吸音処理)
- 5) 鉄骨総重量 約2,900tonf (166kgf/m<sup>2</sup>)
- 6) 主要部材数 約4,100ピース
- 7) 高力ボルト本数 約15万本 (M20、M22)

### 3. 構造

開閉式屋根は、南北2枚の屋根パネルに分割されており、両端部に10mの張出し形状の大庇を有し、中央部も庇状に切れ込んでいる。スパン136mのアーチ型トラスは10.5mの間隔で1パネル当たり5枚配置され、平面トラス梁と逆四角錐形鋼管柱脚により構成されている。付属物としてはキャットウォーク・垂れ壁・屋上ダンパー・中央桶等が取り付いている。

### 4. 架設工法の選定

架設工法を選定するにあたり、主たる架設条件を整理し以下に示す。

- 1) 施工場所は既に供用されている公園内で、作業区域が制限されている。
- 2) 既存施設等はできるだけいじらず、コロシアムには大きな架設時荷重を与えないようにする。

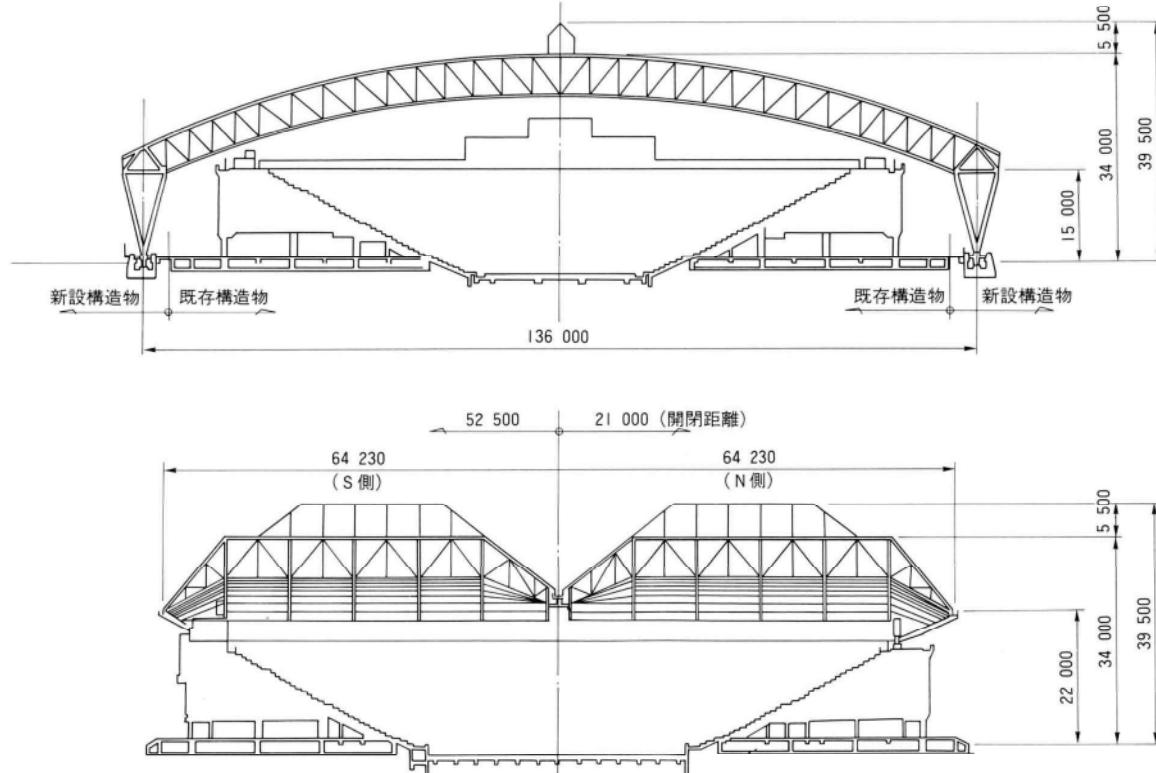


図-I 屋根構造図

表-I 実施工工程表

(年)	1990						1991			
(月)	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
	構台基礎(南側) 組立構台設置 地組立構台設置		北側ペント ワイヤーブリッジ組立 地組立構台設置		北側ペント構台設置 (B)ブロック架設		(A)ブロック架設(底) 北側ペント解体 北側屋根運転調整			
					(C)	(D)(E)	(F)	(H)(G)	(I)	
									(K)(J)	
									(L)	
										南側屋根運転調整 組立構台解体 基礎撤去

下部図は構台基礎の構造図で、南側屋根と北側屋根が示されている。各構台には番号(A)から(L)までの点が示されている。

- 3) 全体工期は11.5ヶ月と短く、そのうち架設工事は4.5ヶ月で非常に厳しい工程である。  
4) 屋根構造は大スパンであるため、鉛直ならびに水平

変位が大きく発生する。

以上の項目に着目し総合的に判断した結果、ジャッキアップダウン工法とトラベリング工法の併用案が選定さ

れた。トラベリング工法の利点として、架設ヤードが限定され組立構台等架設設備が少なく工程短縮につながる。また、問題点としては、このような変位の大きい大スパン構造物の場合、先に組み立てジャッキダウン、移動したトラスと新たに構台上で組むトラスとは、形状が異なり連絡が困難になる。変位量はスパン中央で200mmの鉛直変位が発生し、両側柱頭部では約30mmの水平変位が生じる(図-2)。そうした問題点を解決するため、先に組みあげドラベリングしたトラスを再度部分的にジャッキアップし、初期形状にもどして次のトラスを逐次連結する方法を併用することとした。

## 5. 架設

開閉式屋根の架設を行うにあたり、架設設備の検討および製作時に反映すべき事項等を検討し、安全かつ、効率的に工事ができるよう事前に詳細計画を行った。架設フローチャートを図-3に、工事ヤード平面図を図-4に示す。また、架設概要を以下に示す。

### (1) 架設構台の組立て

38基のペントと工事桁からなる組立構台を、コロシアム南側に設置し架設ヤードとした。この地域は埋立地で地盤が軟いため、平板載荷試験により地耐力を確認し、ペント下にコンクリート基礎を設けた。屋根の両端部に大庇があり、構台上部を下げる必要がありあらかじめ組み替え可能な構造とした。また、構台頂部に落下防止用のワイヤーブリッジを全面に張り渡し作業足場としても利用した(写真-1)。

### (2) 地組立構台の組立て

部材はすべて単材で現場へ搬入されたが、作業の安全性和効率を考え、あらかじめ面材または立体ブロックに地組みをすることとし、架設ヤードに隣接して地組立ヤードを設け碎石を敷き込み、面組架台として立体組立台を組み立てた。

### (3) 柱脚架設設備の組立て

柱脚は逆四角錐形で不安定な構造であるため、あらかじめ転倒防止設備として、控索用コンクリートアンカーブロックを両側に埋設した。また、柱脚廻りの作業足場として枠組足場を両側に設置した。

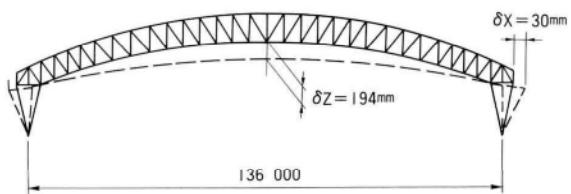


図-2 メイントラス変位図

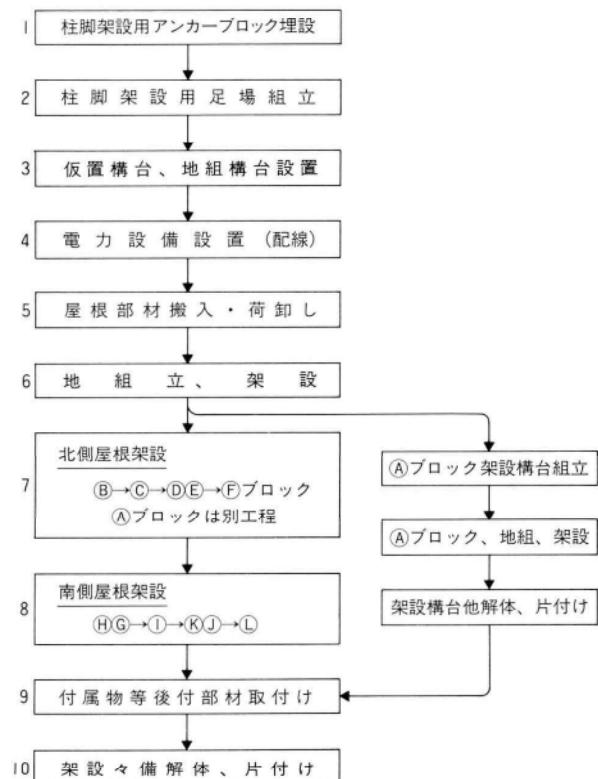


図-3 施工フローチャート

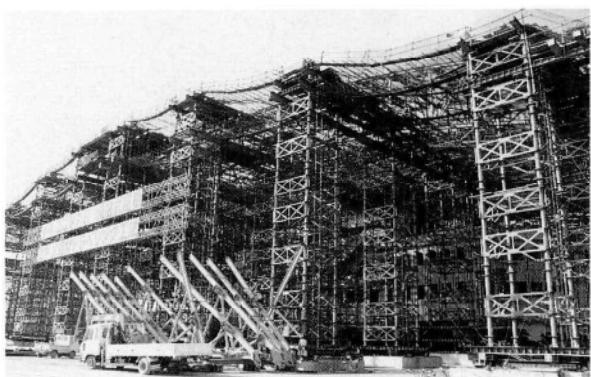


写真-1 組立構台設置状況

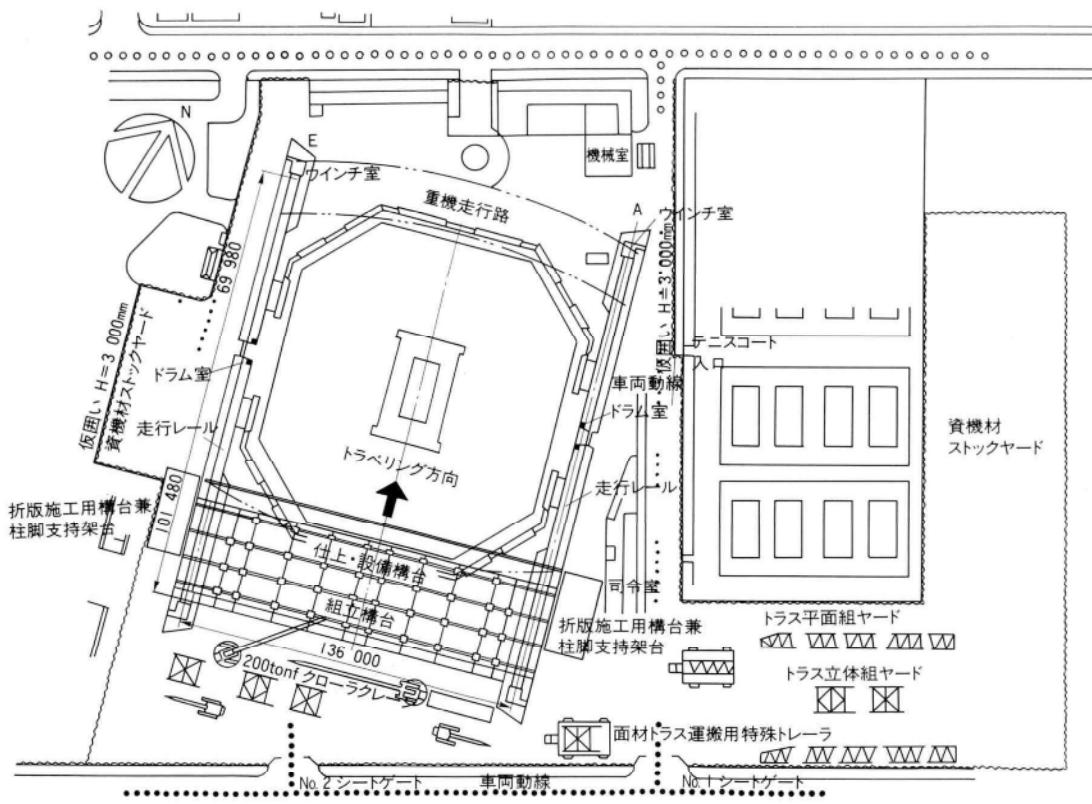


図-4 工事ヤード平面配置図

#### (4) ユニット足場の組立て

高所で必要な作業足場は、できるだけユニット化し組払いが簡単な構造とし、あらかじめ地組みした。

#### (5) ジャッキ仮受設備の設置

ジャッキ仮受設備を38ヶ所設置し、架設時の高さ調整ならびにジャッキアップダウン等が安全にできるように設備を施した。

#### (6) 部材地組立て

架設順序に従って部材を搬入し、柱脚ならびにメイントラス、サブトラスを形状管理しながら、面材または立体ブロック形に地組みした後添接ボルトを締め付けた。地組みは重量比で95%HTB本数比で80%まで行うことができ、安全性ならびに作業効率に大きく寄与できた。塗装は工場で仕上げまで施されており、添接部の塗装、タッチアップ等についても地組み時に極力行うものとした（写真-2）。

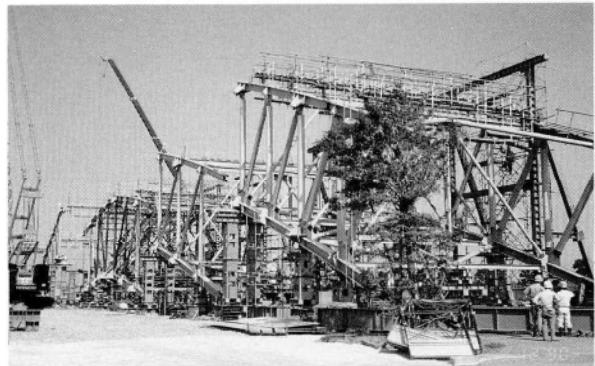


写真-2 地組立状況

#### (7) 架設

架設作業は200tf吊りクローラクレーンを2台使用し、両側の柱脚を既に配置済みの走行台車上に据え付け、転倒防止用の控索で両側からしっかりと引っ張り、端末に仕込んだ大型チェーンブロックで建入調整を慎重に行った。トラスの架設は両側の柱脚付きから中央に向けて行い、閉合部は単材架設とし累積誤差を吸収しやすくした。なお、架設形状の調整はジャッキ等を用いて順次行った。

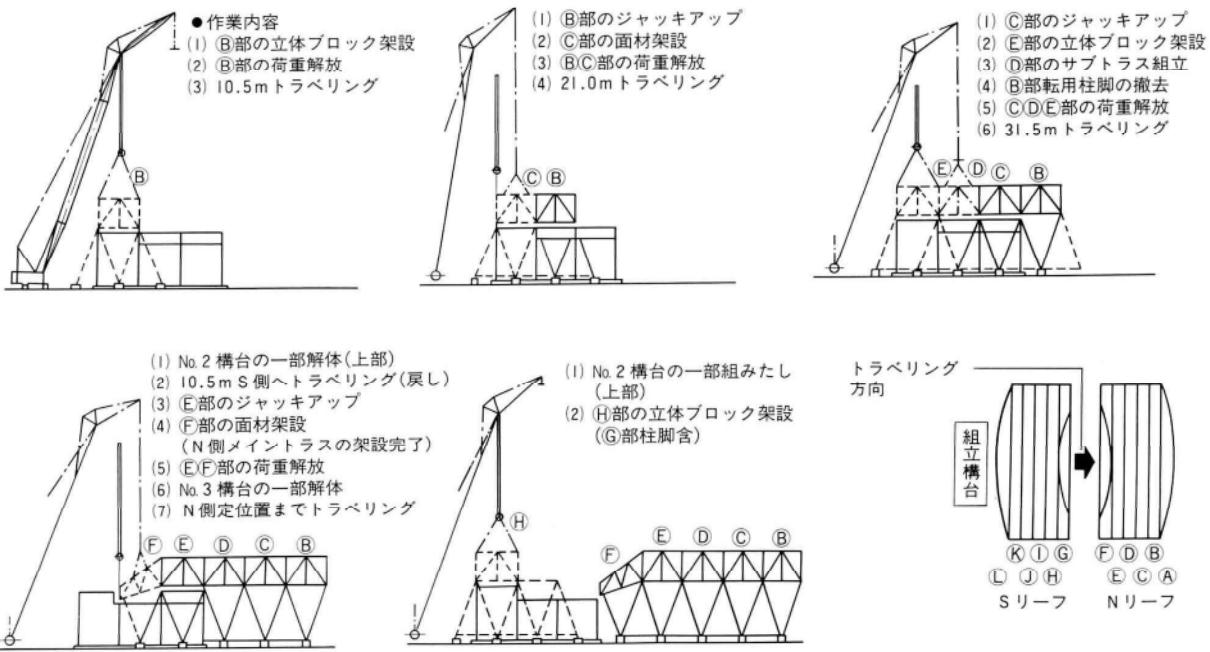


図-5 架設ステップ図

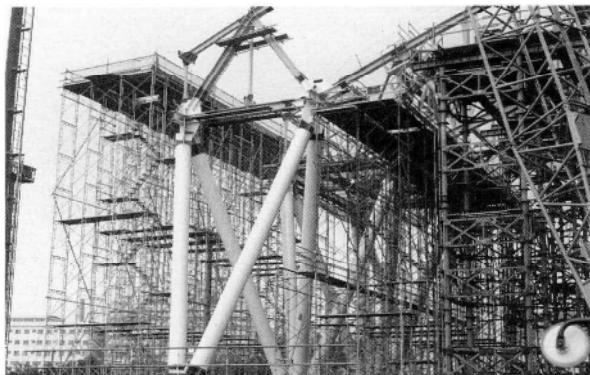


写真-3 柱脚架設状況



写真-4 トラス架設状況

図-5に架設要領を、また写真-3～5に架設状況を示す。架設ステップは図-6によるが両側に庇があり、構台上部の組払い作業が生じるため変則的なスラップになっている。

#### (8) ジャッキダウン

各ステップの架設後、組立構台上の仮受設備内に油圧ジャッキをセットし、仮受反力の解放を行う。そのジャッキはメイントラス1面当り8台セットし最大4面でのジャッキダウンとなり、ジャッキ総数は32台となった。ジャッキ能力および設置箇所は、反力・たわみ量等を考

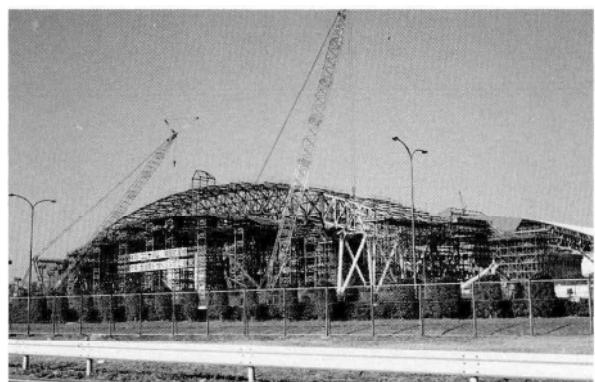


写真-5 トラス架設全景

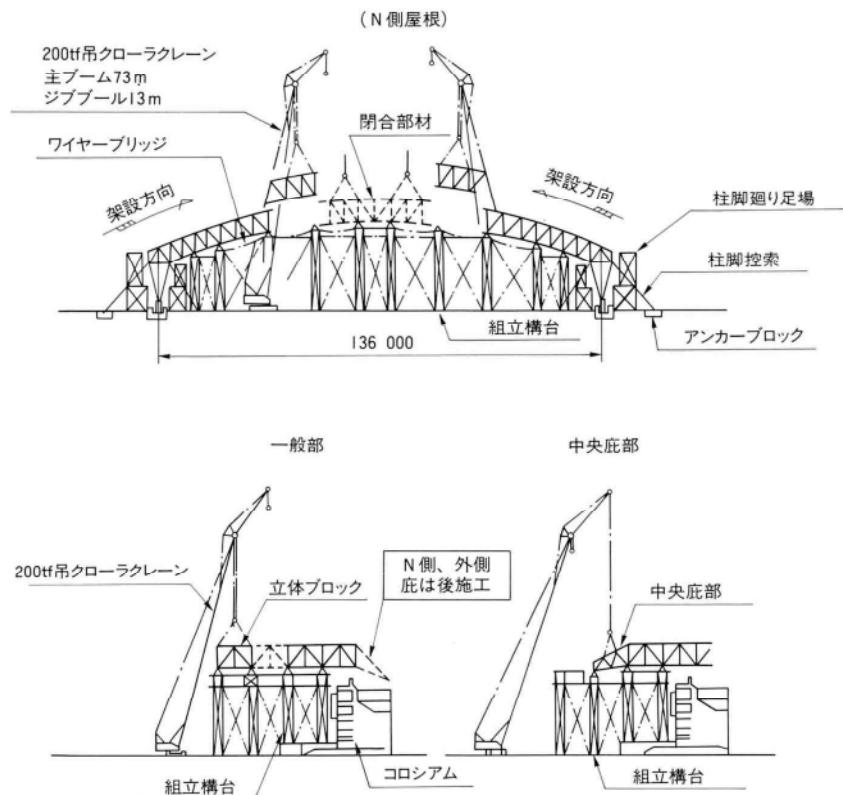
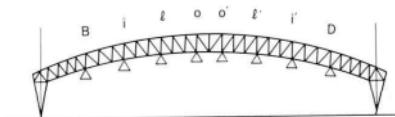


図-6 架設要領図

表-2 ジャッキ能力と設置位置

支点	計画反力 (最大)	ジャッキ 能力	ダウン量 (最大)	ストローク	台数
O O'	35.9tonf	100tonf	187mm	220mm	8台
ℓ ℓ'	38.5	50	147	200	8
i i'	42.1	50	106	200	8
B D	20.9	50	41	100	8
合計32台					



慮して表-2 のように決定した。また、このトラスは左右対称形であり、反力も対称に作用するためジャッキの油圧バランスがとれるよう同圧ジャッキホースを1台の油圧ポンプに入れ、4連異荷重ポンプユニット4台（3.7KW × 4 P × 4 台）を用意して32運動ジャッキ操作を可能にした（図-7）。ジャッキダウンはまず仮受点の反力を

100%ジャッキに移し、反力値とダウン量を確認しながら10%ずつゆっくり下げる要領で行った。その際、水平変位についてはこまかく反力を仮受設備に受け替え、また、ジャッキ受点直上の垂直材断面が小さく細長比も大きく座屈しやすいため、アンバランスが生じないように管理システムを作成して慎重に行った（写真-6、7、図-8）。

#### (9) トラベリング

仮受点の解放が終了後、障害物等を確認し計画位置までトラベリングを行った。トラベリングの方法は本設台車にフレームを取り付け、油圧ジャッキで引っぱり、反力受けはレールクランプ装置を用いた。ジャッキストロークは110cmで盛り替えながらトラベリングを行った。盛替時の逸走防止は台車の後部に、レールクランプ装置をセットし自動的に盛り替えを行った（写真-8）。計画位置までのトラベリング終了後、ただちに本設ロックピンを挿入し移動防止を施した。

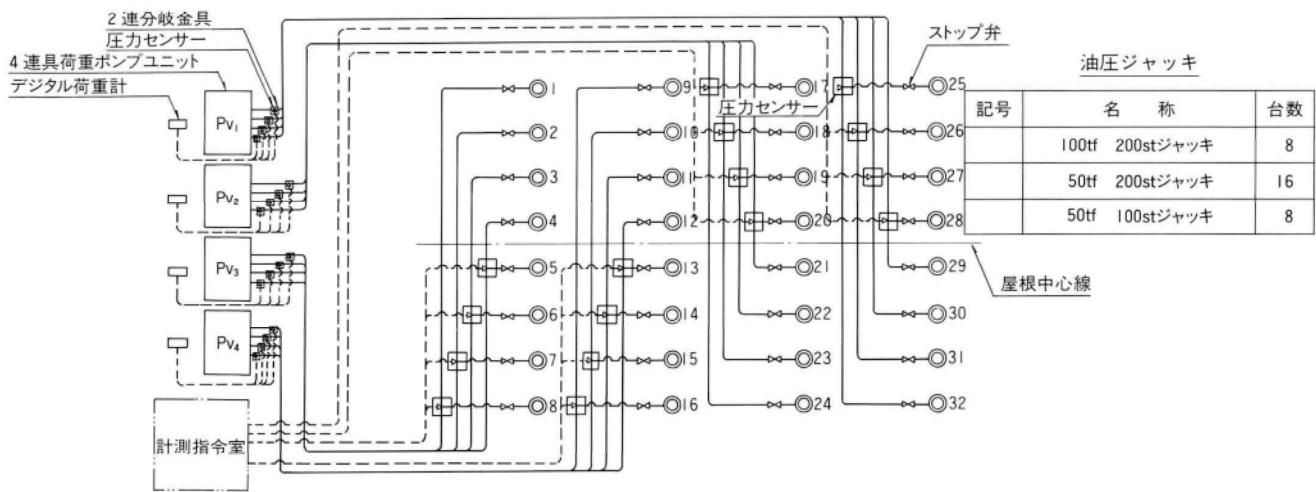


図-7 油圧ジャッキ配管系統図



写真-6 ジャッキダウン状況

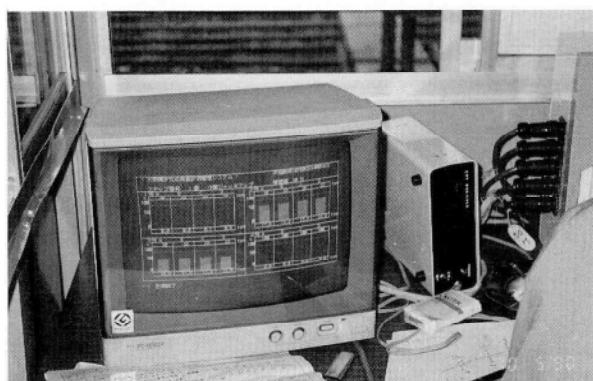


写真-7 ジャッキダウン反力管理

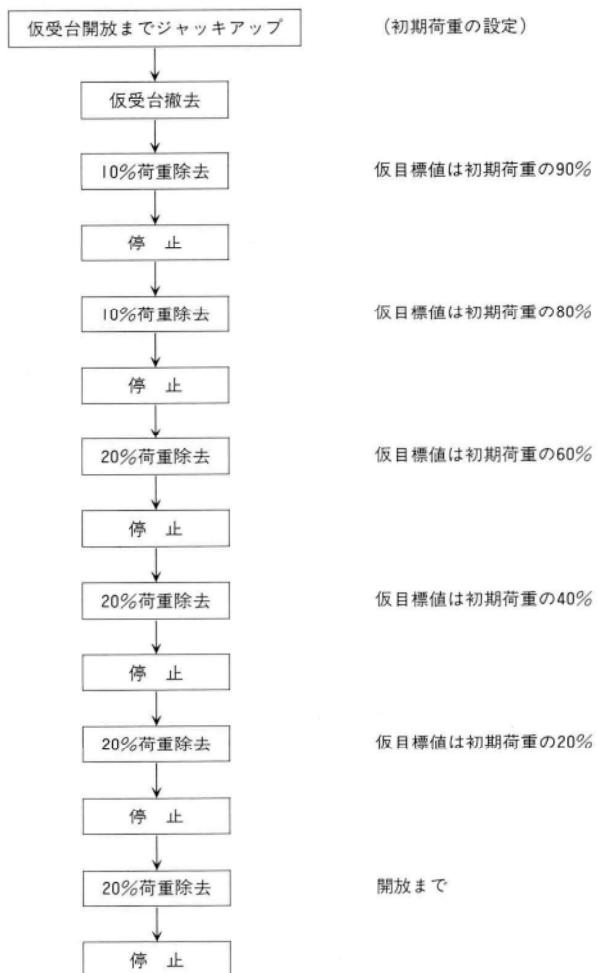


図-8 ジャッキ ダウン ステップ図

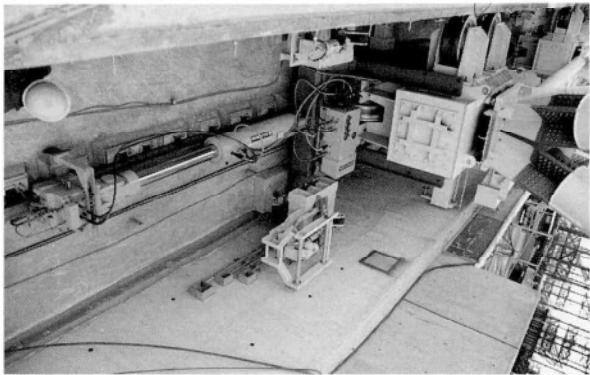


写真-8 トラベリング状況

#### (10) ジャッキアップ

仮受点の反力解放によりトラスならびに柱脚が大きく変位し、次の新設トラスを組み合わせることができないため、再度ジャッキアップを行い初期形状に近い状態まで戻し、その後新設トラスとの連結を行った。ジャッキアップは反力バランスを確認しながら慎重に行った。

以上の要領で架設工事を行った。しかし途中において

様々な問題も発生したが、工事関係者の英智を結集し、1つ1つ解決しながら慎重に進めた。

#### 6. あとがき

有明コロシアム開閉式屋根架設工事について概要を報告した。日本初の大規模開閉式屋根と言うことで注目を浴び、技術的にも非常に難しい工事であった。また、工程的にも厳しく、このような単部材重量(約700kgf／1部材)の軽い構造物を、地組立て・架設・ジャッキアップ・ダウン・トラベリング等の作業ステップをクリアしながら4.5ヶ月間で約3000tonfの架設を行った。これは非常な突貫工事であったが、関係各位の協力を得て品質管理、安全管理面において、高い成果をあげることができたことを報告致します。また、本架設工事に際してご指導、ご鞭撻をいただいた株式会社竹中工務店・大都工業株式会社・立石建設株式会社共同企業体の関係各位に謝意を表します。

1991.11.25受付

### グラビア写真説明

#### 田人大橋

国道289号は、東北最南端に位置する福島県いわき市から白河市を経て田島、新潟へつなぐ道路であり、福島県内においては東西幹線であり、常磐道にも続く重要路線となっている。

総延長9,900Mの改良工事を三沢、川部、銭口、辺栗の4工区に分けて改良工事に着手し、現在も路線延長の工事が進行しています。

田人大橋は、銭口工区の回事ダムの湖面を跨ぐ長大橋で開通を今年迎えようとしています。(志子田)

#### 新汐川仮橋

本橋は忠臣蔵で有名な吉良上野之介ゆかりの地である吉良町の北隣に位置する愛知県西尾市を東西に横切る、県道西尾一幸田線新汐川橋の交通切まわし用応急組立橋である。

この当社開発応急組立橋「MT Bridge」(MIYAJI TEMPORARY BRIDGE)-II型は継手部に特殊覆工板(2.0m×2.0m×0.2m)を採用した2絆間連続鋼桁であり、県の矢作川流域下水道事業管渠敷設工事に伴う橋である。(加藤)

# NHK千代田放送所鉄塔解体工事

## Dismantling the NHK Chiyoda Steel Broadcasting Tower

菅井 衛\*  
Mamoru SUGAI

吉川 公 章\*\*  
Kimiaki YOSHIKAWA

越中信雄\*\*\*  
Nobuo ETCHU

### Summary

A self-supporting steel tower 177 meters high, built in 1955 for the NHK Chiyoda Broadcasting Station in central Tokyo, was dismantled. The tower was surrounded by hotels, Imperial Household Agency facilities, a junior high school, roads, etc., making the project typical of urban dismantling works.

Briefly, the work was done in three stages. The top of the tower was pull out by gradually winding winch cable, the central portion (the gain tower and the upper tower body) was removed with a jib crane using the climbing-crane method, and the lower portion was dismantled by the hydraulic turck crane method.

### 1. まえがき

NHK千代田放送所鉄塔は、昭和30年にNHKのテレビ電波中継局として建設されており、近年においては非常用の中継局に使用されるなど、長年に渡り放送網の重要な役割を果たしてきた。本報告はこの自立式鉄塔が老朽化および放送所の移転などに伴って解体する工事を取りまとめた。現場位置関係を図-1に示す。

### 2. 鉄塔概要

鉄塔の概要は次の通りである。(写真-1、図-2)

- 位置 東京都千代田区紀尾井町
- 構造 自立式鉄塔 高さ=177m (アンテナ含む)
- 鋼重 約380t

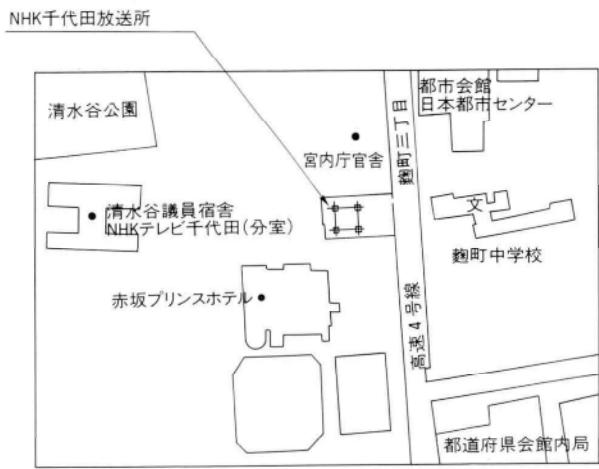


図-1 場所位置図

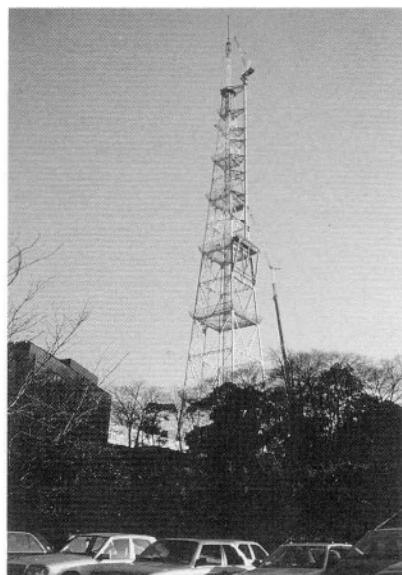


写真-1 全景

\* 宮地建設工業㈱東京支店工事1部計画1課長  
\*\* 宮地建設工業㈱東京支店工事2部工事課長

\*\*\* 宮地建設工業㈱東京支店工事1部計画1課

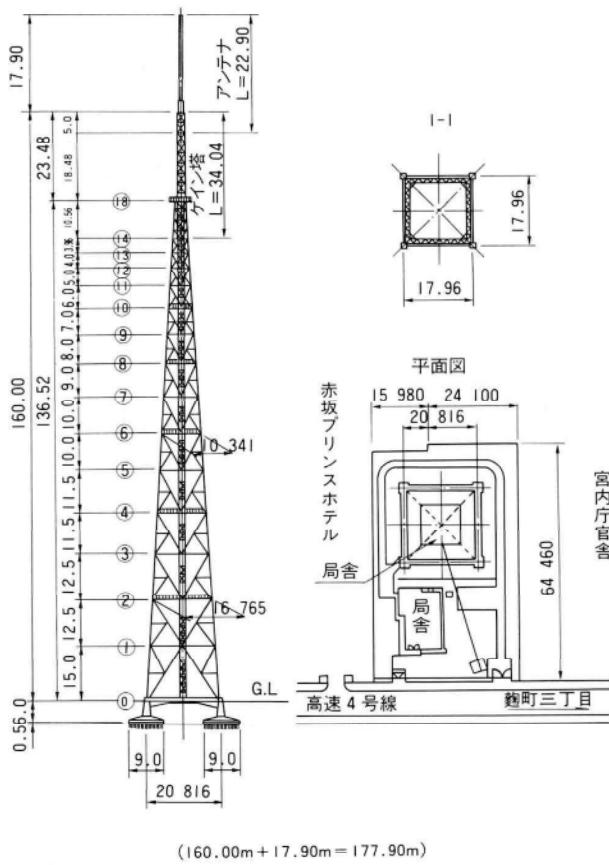


図-2 鉄塔一般図

### 3. 本工事の特色

本工事の特色は次の通りである。(図-2)

#### 1) 作業環境について

都心部の工事であり宮内庁施設やホテル、中学校が隣接する中での高所作業となる。

#### 2) 作業ヤードについて

作業ヤードは局の敷地内のみであり、非常に狭い(仮支線等の設置は不可能)。

#### 3) 工事時期

台風時期が過ぎた11月から3月までであり、厳寒期における高所作業である。(表-1)

### 4. 解体工法

前述の通りの施工条件の中、解体に当っては次の工法が考えられた。

表-1 工程表

工種	年月日		平成2年			平成3年		
	11月	12月	1月	2月	3月			
外柵防護工								
局舎解体		■						■
ジブクレーン			■	■				
エレベーター		■	■	■	■			
防護工		■	■	■	■			
アンテナ解体			■					
ゲイン塔～⑧節解体				■				
⑧節～基部解体					■			
工事中断 $\frac{1}{6}$ ～ $\frac{1}{6}$	■							

1案 小型のクライミングクレーン+大型トラッククレーンの併用解体

2案 大型タワークレーン解体

3案 ゲイン塔をジンポールとして解体

2案については、クローラクレーン型タワークレーンの場合、ブームの組立ヤードが無く、また、定置式のタワークレーンの場合、控え材を鉄塔に取ることとなり、鉄塔の耐力に問題がある。

3案については、仮設備が最小で良案であったが、最初にゲイン塔を鉄塔本体から切り離しせり下げる段階が安定性に欠ける。さらに、鉄塔水平材を最初に解体することなどより、もっとも鉄塔への影響が少ない1案にて施工することとなった。

### 5. 工法概要

工法は次に示す通りである。(図-3)

#### 1) 上部アンテナ

ワインチ、ワイヤー繰り込みによるせり下げ後、ジブクレーンによる小分割解体。

#### 2) ゲイン塔～第8節

クライミング式ジブクレーンによる小分割解体。

#### 3) 第8節～基部

大型油圧式トラッククレーンによる小分割解体。

解体した部材は、地上にてさらに小分割しトラックにて場外に搬出。

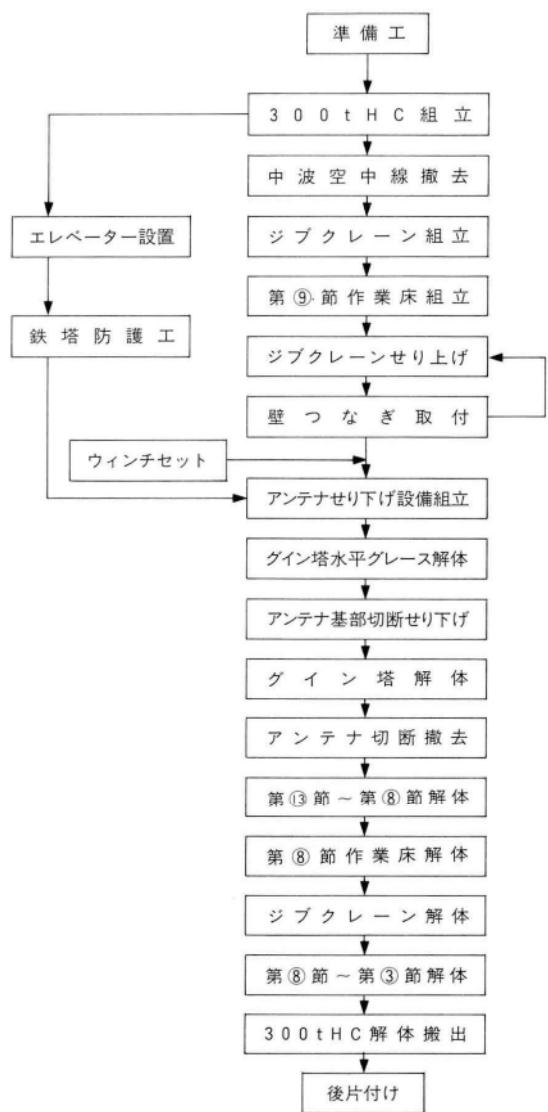


図-3 鉄塔解体フローチャート

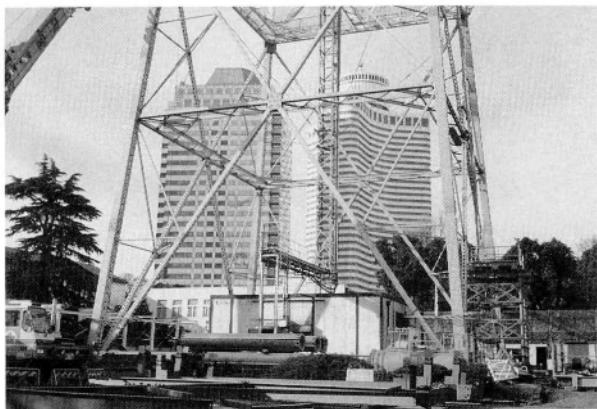


写真-2 作業ヤード

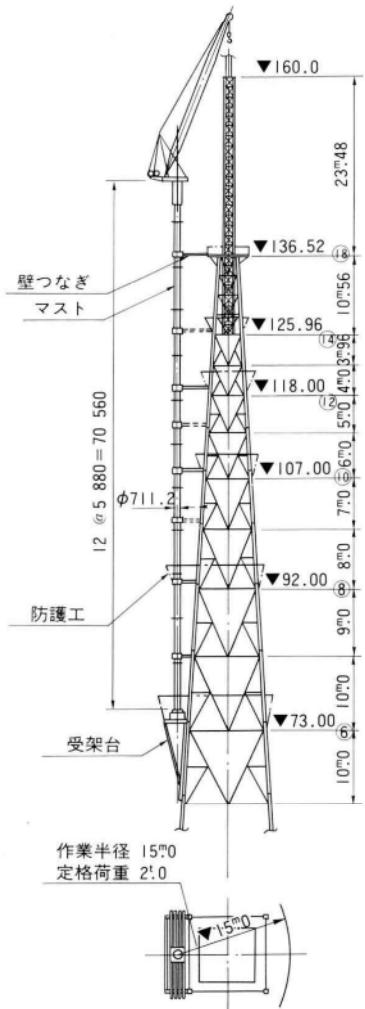


図-4 クライミング式ジブクレーン据付図



写真-3 ジブクレーン据付状況

## 6. 詳細計画

### (1) 仮設備計画

鉄塔の解体を行うため次の設備を設けた。

#### ① 作業ヤード保安設備

歩道防護他：H型鋼+鋼板

#### ② 鉄塔付昇降エレベーター

鉄塔昇降用：3人乗、ピンラックレール昇降

#### ③ アンテナ セリ下げ設備

アンテナ セリ下げ：ワインチ他

#### ④ クライミング式ジブクレーン（2.0 t ×15.0 m）

鉄塔上部解体：油圧クライミング式、22mジブタワー  
一ポスト長 70.56m (図-4、写真-3 参照)

#### ⑤ 荷取構台

荷捌き用：鉄塔中段取り付け、H型鋼+軽量覆工板

#### ⑥ 鉄塔付防護工

落下物防護：ネット張、単管パイプ

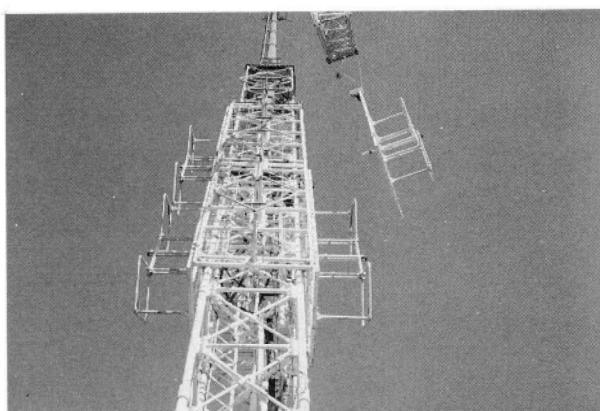


写真-4 アンテナ解体状況

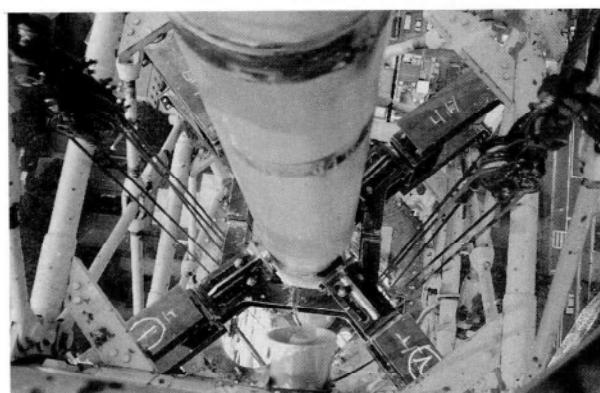


写真-5 アンテナセリ下げ状況

上記設備は、美観を考えすべて塗装をした。特に歩道防護工には白色塗装を行った。

この他、300t吊り油圧式トラッククレーンを据え付け、鉄塔下部の解体ならびに鉄塔上部解体部材の荷降しに用いた。本油圧クレーンの採用により、作業ヤード長60m程のスペースで、101.5mもの長尺ブームの組み立てが可能となり、95mの揚程を確保できた。

これらの仮設備により下記の利点が得られた。

イ) エレベータの取り付けにより作業員の移動がスムーズにでき、作業効率がアップした。

ロ) ジブクレーンを鉄塔中段より立上げることにより作業半径が小さくなり、小型のクレーンで対応することができた。なお、タワーマスト支持材は鉄塔支柱に取り付け、クレーンの安定を確保した。

ハ) 荷取構台の設置により、荷降し所用時間が短縮され、工程の短縮に有効であるとともに、解体用資機材置場としても使用できた。

### (2) 荷捌き計画

鉄塔上部解体部材は、ジブクレーンで吊り込み、1度地上92m地点に設けられた荷取構台上に仮置し、300t吊り油圧式トラッククレーン（以下300t吊りH.C）で吊り直し地上へ降した。これにより、160m荷降しするのに60分間ジブクレーンが拘束されるのが30分で済み、手早く次の解体へ移行する事ができた。

### (3) アンテナの解体計画（写真-4、5、図-5）

最上部のアンテナはクレーンが届かないために、ワインチとワイヤー繰り込みによるセリ下げ工法にて、ゲイン塔内を136m地点まで19m降下した。その後、ゲイン塔解体時に短く切断しつつ解体した。ただし、ゲイン塔内部には水平材があるためそのままでは、アンテナセリ下げができない。従って、事前に水平材を撤去し仮水平材をセリ下げ作業の障害とならぬ範囲に取り付け、ゲイン塔の形状を保持してセリ下げた。

### (4) ゲイン塔～第⑧節の解体要領（写真-6、図-5）

クライミング式ジブクレーンで小分割解体を行った。

ゲイン塔は、支柱が最大径120mmの鋼棒で、斜材・水平材が小径パイプにてト拉斯状に構成された長さ34m重量30tの鉄塔である。その支柱を切断しブロック（2.0t未満）解体した。解体した部材は、一旦⑧節上の荷取構台上に置き、地上の300t吊りH.Cで吊り替え地上へ降した。

これにより、クライミング式ジブクレーンが早く解放でき次ブロックの解体作業へ移行できた。本作業の間に、先にゲイン塔内へ降しておいた最上部のアンテナも2.0 t未満となる様切断し同様にて地上へ降した。

第⑬節より第⑧節までの鉄塔本体は、ゲイン塔と同様な方法にて、1パネルずつ面材解体を行い地上へ降した（一部単材解体）。

#### (5) 第⑧節～基部解体要領（図-5）

第⑥節部にあるクライミング式ジブクレーンおよび第⑧節の作業構台を300t吊り油圧式トラッククレーンにより解体した後、同クレーンにて単材で小分割解体を行った。

解体に伴ない昇降用エレベータも、順次上からレールを撤去していく。そのためエレベータ出入口は、一格

点おきに設けて常時使用できる状態に保っておいた。解体用クレーンの仕様は下記の通りである。

300t吊り油圧式トラッククレーン
ブーム仕様 スーパーラフィングブーム
最大揚程 98m
最小作業半径 26m
作業半径 R=26.0m R=46.0m
定格総荷重 W=4.1t W=2.7t

#### 7. 本工事のポイントと検討課題

本工事のポイントは、次の通りである。

- ① 超大型油圧クレーンの採用により狭いヤードの中でも長尺ブームの組み立てが可能となり、高所まで地上クレーンで解体できた。
- ② 鉄塔中段にクライミングクレーンを取り付けたため、同クレーンを小型化することができた。なお、壁つなぎおよびクレーン受架台は、鉄塔支柱の添接ボルトを一部はずしHTBにて固定した。
- ③ 鉄塔自重の2割近くの荷重（クレーン、作業構台自重）が鉄塔に偏載荷され、かつ、クレーンの水平力（作業時、風時および地震時）が作用するため、種々の作業条件に対して立体骨組解析を行い、鉄塔本体の強度を検討した。

本工事を実施工した結果、次の事項が反省点として出され、次回工事への検討課題となった。

- 1) 徹底した仮設備の軽量化およびユニット化
- 2) 移動足場や防護設備の改良
- 3) 事前交渉による作業スペースの確保  
(クレーンブーム組立ヤード、仮支線等の設置スペース)
- 4) 部材の切削方法の改良

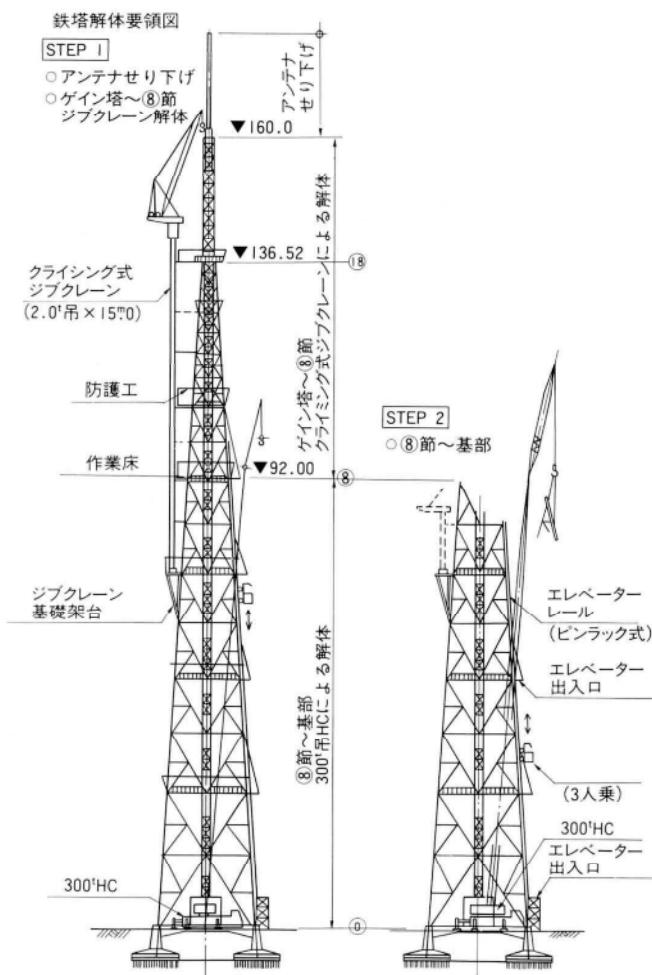


図-5 鉄塔解体要領図



写真-6 鉄塔解体状況

ごく当たり前の事ではあるが、高所の市街地工事となると工事の成否がこれらの事項によるといつても過言ではなく、また、実務に携わる作業者的人力による作業となることを再確認した工事であった。

## 8. あとがき

本工事は、市街地高所作業の代表例であり、種々の制約条件の中無事竣工することができた。今後、同様な工

事がもっと厳しい条件下にて行われる事が予想される。その際には、本工事で得た経験を基に、より安全に、また、より優れた工法にて施工することができる様に精進したいと思う。

誌上を借りて、本工事を監督御指導頂きました日本放送協会技術局の皆様方、厳しい条件下にて安全施工に御協力頂いた協力業者の皆様方に深く感謝しお礼を申し上げます。

1991.12.10受付

## グラビア写真説明

### 酢川橋（山形新幹線）

山形新幹線工事は、福島－山形間の在来線の現有設備を活用し、わが国初の大規模な全面改軌〔狭軌（1067mm）から標準軌（1435mm）に〕工事であります。（JR東日本・東北工事事務所監理）

酢川橋も、各箇所に点在する橋梁部の架替、改修工事の一環として全面桁交替、橋脚頭部の改築を行いました。

工法としては、工事の迅速化のため、特殊吊り上げ台車（ミニ操重車）を、新規製作し、在来桁の撤去、新桁の架設をスムーズに施工しました。

その他 大川橋（桁横移動、沓座改修）

第3前川橋（桁架替…………トラック・クレーン使用）

第4前川橋（桁架替…………特殊吊り上げ台車使用）

第2前川橋（床組架替…………トラック・クレーン使用）

新川橋（桁架替…………特殊吊り上げ台車使用）

天王川橋（レール締結部の改造）

等の施工を行い、平成4年の夏の開業の運びとなります。（菅井）

### 綾瀬川専用部

草加市には徳川二代將軍秀忠が草加周辺に狩りに出かけた折、人々が草木を刈り束ね、その上に土をかぶせて道を作った功を愛で、將軍が「草加」と称するように命じたという地名の由来がある。

本橋は道路にゆかりのある草加市を東西に横断する東京外かく環状道路の綾瀬川放水路にはさまれて位置する綾瀬川専用部の一部で、関東地方建設局が日本道路公団の委託により施工されたものである。

東京外かく環状道路開通の折りには常磐自動車道として使用されることとなり、利用者がその功を称賛してくれるであろう。（関東地方建設局北首都国道工事事務所優良工事表彰）（加藤）

# 金町立体高架橋の施工

## Construction of the Kanamachi Viaduct

関 利 夫\*  
Toshio SEKI

佐 藤 純 二\*\*  
Junji SATOH

滝 戸 勝 一\*\*\*  
Shoich TAKIDO

### Summary

No single method has been established for erecting viaducts over heavily-travelled streets. Problems arise only because safety concerns are great but also because of the existance of various other constraints.

The author of this report was among those responsible for erecting a viaduct in the vicinity of Kanamachi along the Mito Highway, which is said to have the greatest degree of traffic congestion of any section of roadway in the Tokyo area.

The viaduct was designed so that its piers and main girders constitute an integral structure. The design is fresh and unusual, emphasizing external appearance with a decorative veneer.

This paper discusses safe and economical construction methods used under the circumstances described above. Plans for transportation and construction, and the execution of the construction, are presented.

### 1. まえがき

国道6号線（水戸街道）の新葛飾橋から金町駅前付近は、葛飾橋通りおよび京成金町線とが、それぞれ平面交差のために、慢性的な交通渋滞が生じている。この渋滞を解消することを目指しての立体化が計画され、平成元年より現地工事が着手された。

この区間の高架橋は、橋脚と主桁とが連続立体構造として設計され、かつ化粧板の付く景観を重視した新で複雑なデザインが採用されている。

筆者らは、この区間の金町駅前交差点と京成金町線を越える、交通処理や施工時間帯等で最も制約の多い区間を担当した。

本報告は、この立体化工事における部材輸送と施工協

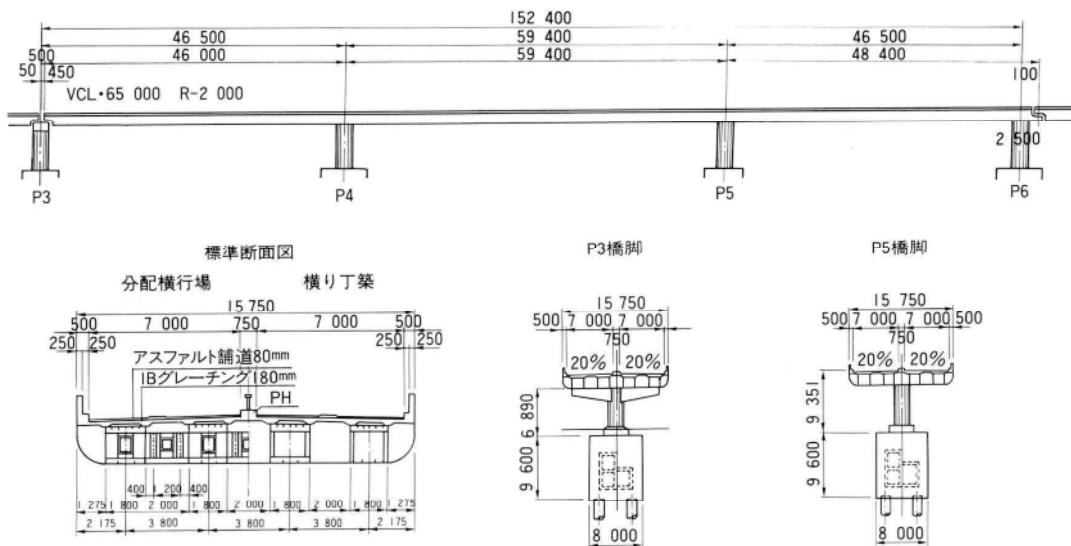


図-I 橋梁一般図

\* 技術本部工事部工事計画課課長代理

\*\*\* 技術本部工事部工務課長

\*\* 宮地建設工業㈱東京支店工事1部工事課課長補佐

議、交通処理、現場架設について報告するものである。

また、本工事を含む金町立体化工事全体が建設省の提  
示するC C I活動のモデル工事として指定されており、  
このC C I活動についても概要を報告するものである。

## 2. 工事概要

工事名 金町立体上部工事

発注者 建設省関東地方建設局首都国道工事事務所

施工管理 首都国道工事事務所金町国道出張所

橋梁型式 3径間連続立体鋼床版箱桁

支間  $46.0 + 59.4 + 46.5\text{m}$

幅員  $7.0\text{m} \times 2$

縦断勾配  $0.5\%$

## 3. 部材の輸送

### (1) 概要

昨今、建造物の大型化に伴って輸送許可条件の厳しい部材が設計されるようになり、これらの輸送許可を得るまでに多くの協議時間を要しているのが現状である。

本工事でも、脚と横梁および主桁が立体構造となっており、中心となる隅角部が寸法、重量的に大きくなっているために、輸送許可を得るまでに関係方面との多くの協議を要した経緯があった。この報告は輸送実績を示すものではなく、今後の設計・製作への反映になれば幸いである。

### (2) 道路管理者協議

予定道路の幅員、構造物、交通量、道路工事の有無などを考慮して、部材輸送路の選定を行う。本工事では選定した輸送経路をもとに、建設省関東地方建設局交通対策課の御指導をいただき、更に輸送経路の検討をえた結果、当初の都道を含む予定経路を大半が国道を利用する経路に変更した。輸送経路は以下のとおりである。

宮地鐵工所千葉工場→県道市原埠頭線→国道16号線→市道寒川1号線→県道千葉大網線→市道市場町4号線→市道本町22号線→国道126号線→国道16号線→市道西千葉稻荷町線→市道東寺山王町線→国道16号線→国道6号線→現場

経路のうち国道の占める割合は全長約64kmの90%にある58kmである。また、通過する橋梁は28個所であり、



写真-I 着工前の現場状況

すべての橋梁の耐荷力について検討の指示をうけ実施した。

この検討にあたっては、それぞれの直接管理者である建設省千葉国道工事事務所、首都国道工事事務所、千葉県庁、千葉市役所でそれぞれ該当する橋梁を橋梁台帳で確認し、記載のない諸数値については直接に該当橋梁を調査した。調査した諸数値から橋梁の耐荷力を計算し、報告書にまとめ関係機関に提出して確認をうけた。

更に、経路の中での主要交差点のトレーラーの軌跡図を作成し合わせて道路管理者に提出し確認を得た。

これらの検討を踏まえて、厳しい内容ではあるが本工事での輸送許可条件を受けることができた。

### (3) 警察協議

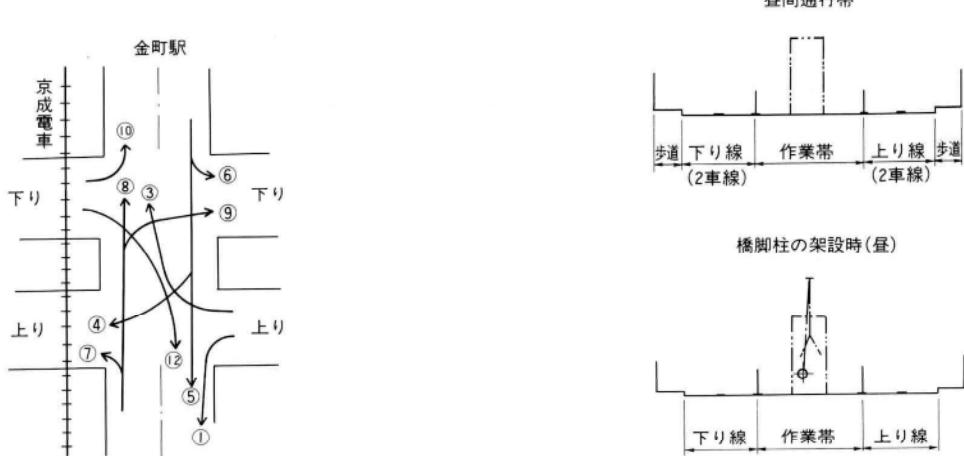
道路管理者協議とは別に、交通管理面から警察協議が必要であり、本工事では出発側である千葉県警交通規制課との協議会を数度となく開き、問題点の確認と対応策について協議を行った。

最終的には、交通量、幅員などを考慮して日曜日の深夜に出発し、月曜日の早朝に現場着で確認した。

## 4. 架設に伴う交通規制

現場は、交通量の激しい場所であり、また、京成電車との平面での交差点もあるため、規制方法、回数、区間、期間などについて、頻繁に所轄の警察署との協議を行って全体の規制方法を検討した。

また、交差点に係わる交通量調査（国道の直進は除く）を24時間で実施し、協議の参考とした。結果を図-2に示す。



方向	18~24	24~6	6~18	合計
①	439	258	1 066	1 763
③	142	131	14	287
④	86	59	5	150
⑤	332	91	615	1 038
⑥	216	46	477	739
⑦	194	46	729	969
⑧	859	215	1 901	2 975
⑨	64	75	18	157
⑩	456	180	968	1 604
⑫	17	26	5	48

図-2 交通量調査結果

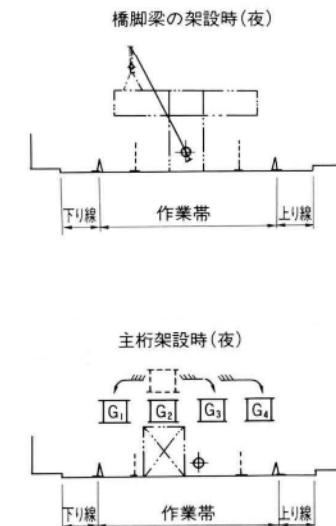


図-3 交通規制図

## 5. 架設

### (1) 概要

本工事は都市市街地での厳しい施工条件下で、最小限の交通規制を実施しての架設工事であり、第三者への安全確保を第一に工程厳守で施工を進めた。

架設は一般部と交差点部に大別され、一般部はヤードの中で80t吊りの油圧トラッククレーンを使用してベント上にG2桁を架設した。他のG1、G3、G4桁はベントが設置できないために、架設したG2桁上に主桁を組立て横取り降下して架設した。なお、支間中央部に横取りとキャンバー調整用の張出しタイプのベントを設置した。

交差点部については、ベント設置に制限があるために

最終的に確認した規制方法（標準）を図-3に示す。

また、交差点については国道の横断方向を止めるため日時を指定し、迂回路をあらかじめ告知してから実施した。

作業時間帯は、一般部が22:00~6:00であり、交差点では、深夜バスと京成電車の最終を考慮して作業時間を0:15~4:00（一部0:45~3:00）とした。

規制帯の設定は、現場街路に多くの路地があるために標準24m（上下4車線14m+作業帯10m）の道路幅員のうち夜間の作業帯をどうするかで検討が行われたが、地元住民の生活道路であることを重視して、国道中心からの振り分けとした。いずれにしても、架設用クレーンやトレーラーの進入および据え付けには狭いため、作業に苦労しながらも架設を進めた。

あらかじめ地上で2部材を接合したG2桁を160t吊り油圧トラッククレーンを使用して架設した。G1、G3、G4は一般部と同様にG2桁上に架設し、横取り作業により所定位に架設した。キャンバー調整用には一晩のみの仮ベントを設置し対処した。

全体の架設順序を①脚→②P4~P5径間→③P3~P4径間→④P4~P5径間として施工した。

施工手順を図-4に、架設一般図を図-5に示す。

## (2) 脚の架設

作業ヤードの関係から架設は柱部分と梁部分に分けて行い、柱および車道上に張出さない梁部材は昼間架設とし車道上に出る梁部材は夜間架設とした。使用したクレーンは80tと160t吊り油圧クレーンである。

本工事の橋梁構造は脚と横梁と主桁が剛結構であり脚の架設精度がそのまま上部に影響するため慎重に架設し、架設後に梁位置や角度を測定して上部工の製作に反映した。

## (3) 上部工（交差点部）の架設

交差点部の架設は、京成電車の線路も関係してベント位置に大きな制約があるために、基本的には一般部と同じ架設方法であるが、以下の手順によった。

- G2桁のうちP4~京成線およびP5側歩道~P5までの間をベント架設。

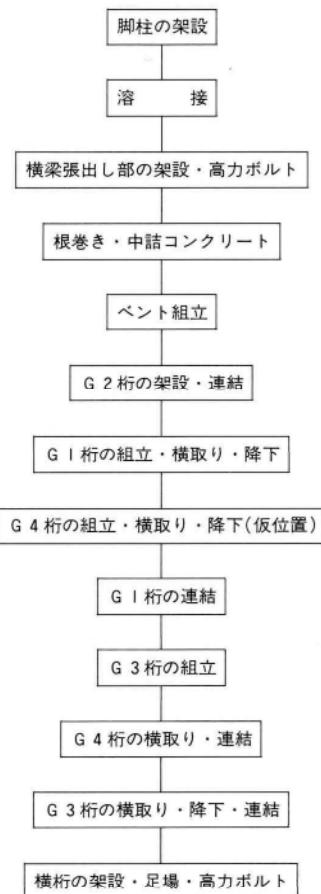


図-4 施工手順

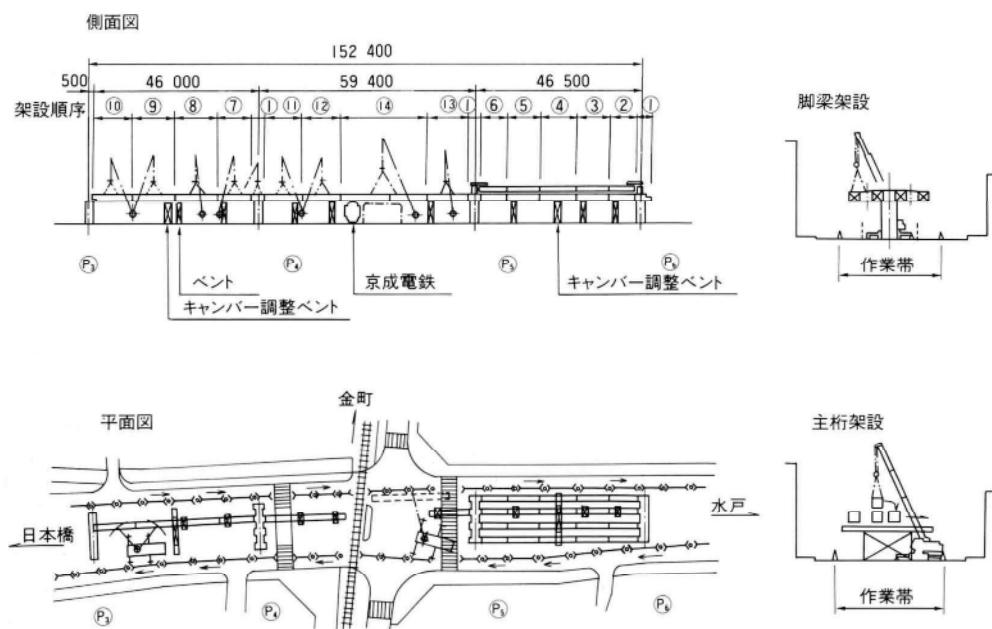


図-5 架設一般図

- b) 京成線上および交差点上の2部材をA1橋台背面部をヤードにして地組立。
  - c) 交通規制し、トレーラーで運ばれたG2桁を架設。
  - d) G2桁上に一般部と同じくG1、G3、G4桁を架設して横取り降下。
  - e) キャンバー調整用に一晩だけのベントを設置。
  - f) 剛結部の高力ボルト本締め。
- 施工は市街地での架設に適した横取り工法を基本に、交差点や鉄道との交差などの制約を踏まえ、準備と後片付けも含めて、約6カ月を要し完了した。

## 6. CCI活動

金町立体工事はCCI活動のモデル現場に指定され、下部工事の段階から様々な活動が展開され、建設工事のイメージアップと地元住民の工事への理解、協力に大きな影響を与えた。

上部工も建設省の指導の下、このCCI活動を引継ぎ可能な範囲で対応した。CCIの主な活動項目を以下に示す。

- ① インフォメーションセンターの設置
- ② 横断歩道での女性交通誘導員の配置
- ③ 横断歩道と現場の境界にフラワーポットの設置
- ④ イメージを変えたフェンスの設置
- ⑤ 地元住民とのコミュニケーション（餅つき大会）

CCI活動は本工事の後、各方面的現場で見られるようになったが、まだまだ、費用の面、意識の面など取り組まなければならない面が多くあり、今後の課題と思われる。

## 7. あとがき

都市市街地での制約の多い条件下での架設は、交通確保の問題だけでも確定的な工法は見当らない。現道の幅員と確保できるヤード、橋梁の型式と構造および下部工



写真-2 脚柱の架設(昼間施工、4車線確保)

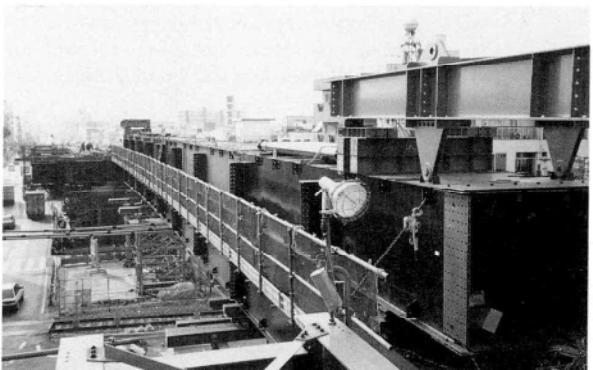


写真-3 京成線(交差点)部架設横取前の状況

との取合寸法、交通量などから、単純で安全かつ、経済的な方法を検討していくことになる。本報告の施工方法とは必ずしも一致しない場合もあると思われるが今後の参考になれば幸いである。

本工事の施工にあたり建設省関東地方建設局交通対策課の方々、建設省金町国道出張所の方々をはじめ多くの方々のご協力に感謝致します。

1991.12.10受付

# 宇都宮DTF共同ビル通信塔工事

## Construction of Communications Tower on Utsunomiya DTF Building

内藤 章吾\* 美頭 民二\*\*  
*Shohgo NAITOH Tamiji MITOH*

### Summary

A cylindrical steel communications tower was erected on the penthouse of the Daiichiseimei and Todenfudosan Building in the center of Utsunomiya City. The tower comprises an inner cylinder 3.0 meters in diameter and 69.7 meters high within an outer support structure 25 meters high and made of double warren truss pipe. The tower features three stepped mounting locations for parabolic antennas and is topped by a lightning rod. Because the site is at the busiest area of the city, the tower crane method (180W) was used to erect the outer portion. The lift-up method was used for the inner tower, with the tower being gradually pushed up from below by four 60-ton center-hole jacks placed on the top of the outer tower.

### 1. まえがき

宇都宮市内中心街に位置する第一生命、東電不動産㈱(DTF)、ビル塔屋上に通信鉄塔の建設工事を行った。この鉄塔はパイプ構造のダブルワーレン形で、高さ25mの外塔により径3.0mφ、高さ69.7mの内塔を支持するシリンド形鉄塔である。内塔頂部には3.0mφのパラボラアンテナを取り付ける3段の踊場を有し、また、避雷針支持柱には自動車無線アンテナを設けることができる。市街地にタワーを建設する場合、街区が密集化しているため、建設地点への重機の進入が困難であり、また、工事中の騒音や塗装時の塗料飛散等、周囲に与える影響を考慮して工法を決定しなければならない。本工事は立地条件と地域環境を重視し、リフトアップ工法を建方工法として採用した。

### 2. 建方工事

本鉄塔はDTFビルの塔屋上に設置されたものであるが、建方班の入場時期は、鉄骨の建方が終了して屋上スラブの打設完了後であり、外装、内装工事で忙しくなる時期であった。このため部材の搬入、荷卸しは建家工程に日程を合わせて行った。鉄塔の工事用重機は、11階屋上に設置したタワークレーン(JCC180W)を使用し、外塔の地組・建方、内塔の搬入、リフト設備、引込設備等の施工

を行った(図-1)。

#### (1) 外塔の建方

部材の搬入は、全工程を通じて路線バスの運行開始前の早朝に行った。搬入された部材は建家低層部、屋上に仮置し、この場所において建方を先行する面の面組による地組みを行い、25mの外塔建方と、内塔上部ブロック6節の建方を行った。

#### (2) リフトアップ工法および同設備

本工事に使用したリフトアップ工法は、内塔(2mφの筒身)の建方工法として採用したものであり、その要領は次の通りである。まず、上部の筒身を先行建方し、外塔頂部に4台の60tfセンターホール形ジャッキをセットする。筒身は4本の70tf耐力ロットで吊り、このロットを4台のジャッキで引き上げる。引き上げピッチは150mmである。筒身1本分の高さをリストアップさせた後、下部に生じた間隙に次の該当する筒身を台車により引き込む。次にリフトアップした筒身と仮ジョイントし、その状態で仕口部の肌合せを行った後、本溶接する。完了部筒身のリフトアップから次の筒身の引き込み、肌合せ、溶接を1サイクルとして1日目の工程が終了する。翌日は、溶接部の超音波探傷検査と、塗装工程とし、2日間の工程を基準サイクルとして繰り返し、8節から1節までの組み立てを行った。このリフトアップの工法は、騒音も

\* 宮地建設工業㈱東京支店工事2部計画課長

\*\* 宮地建設工業㈱東京支店工事2部工事課長

なく静かに工事できるのが特徴である。

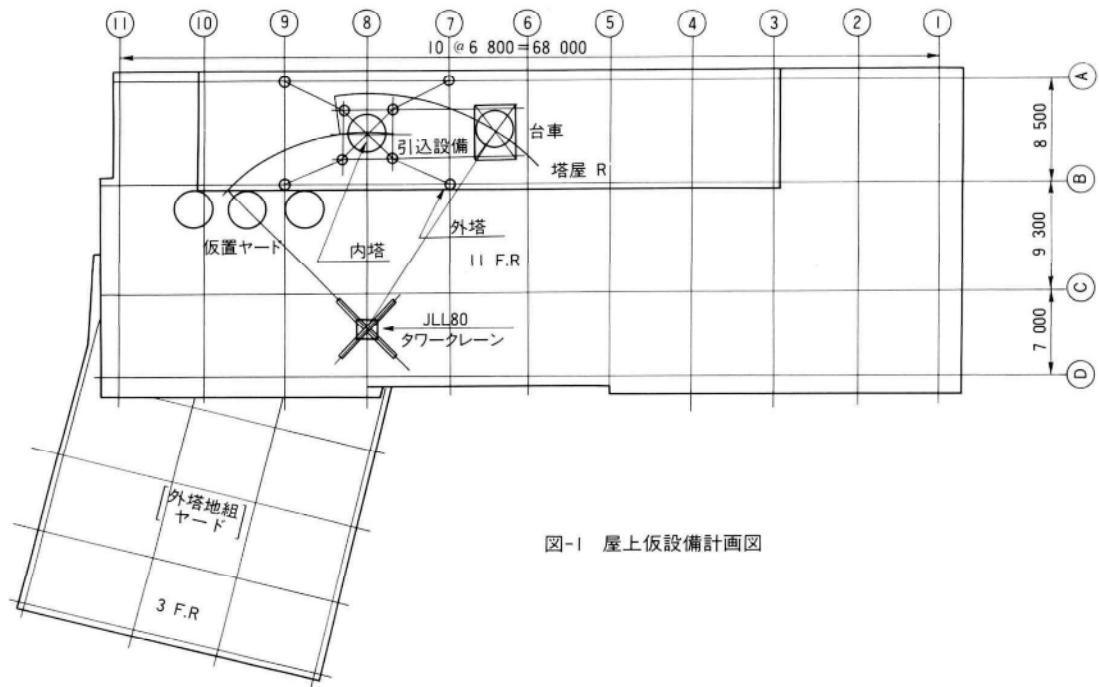


図-1 屋上仮設備計画図

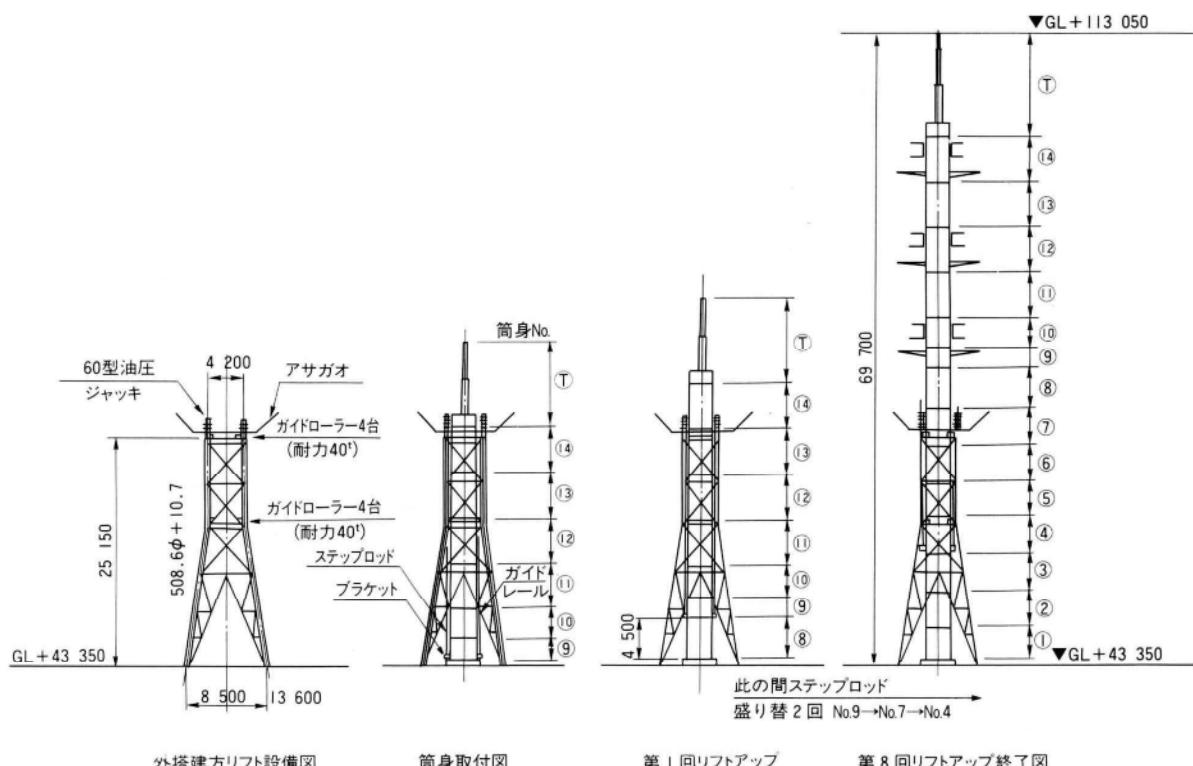


図-2 リフトアップ、ステップ図

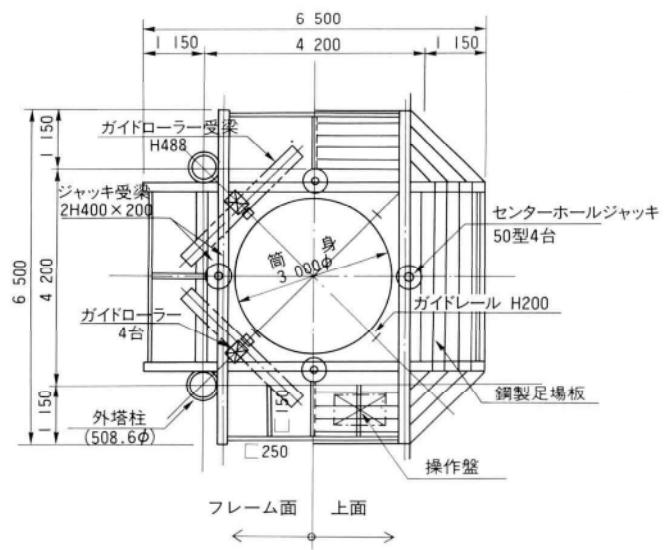


図-3 ジャッキ構台平面図

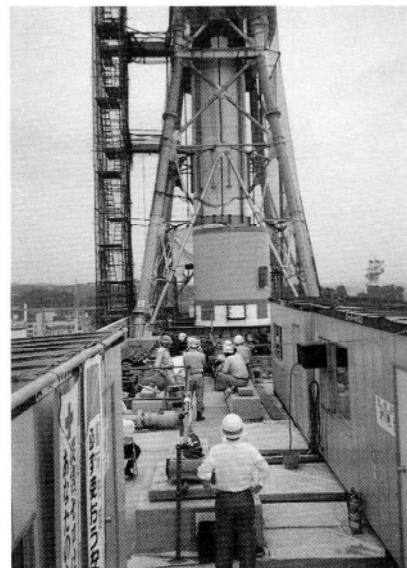


写真-1 筒身の引込

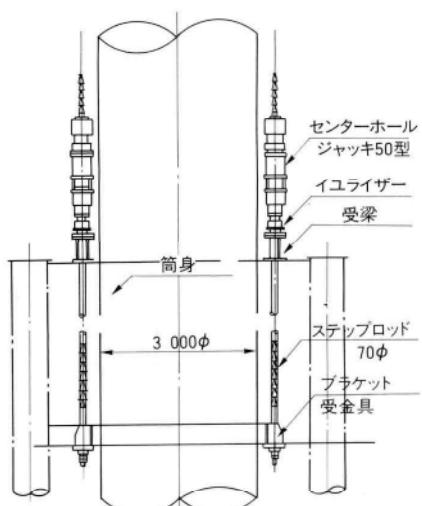


図-4 ジャッキ取付図



写真-2 工事用クレーン及び昇降設備

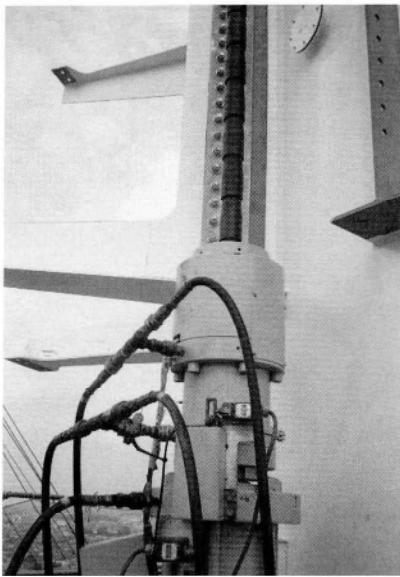


写真-3 60型油圧ジャッキ

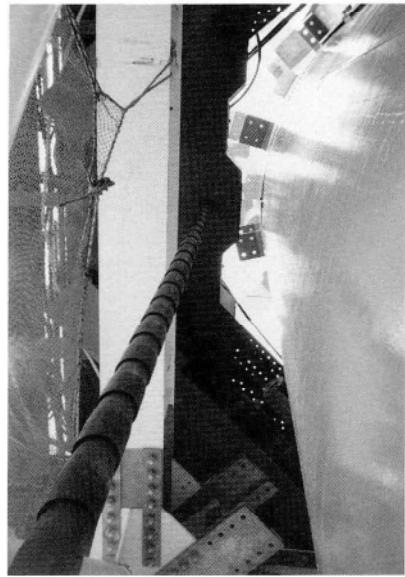
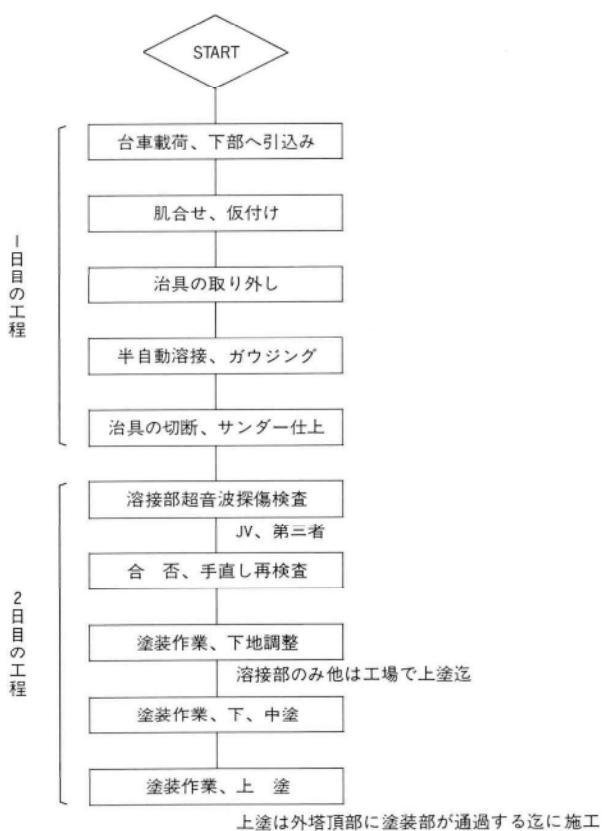


写真-4 60φステッププロッド

表-1 溶接作業フローチャート



### 3. 接続方法

今回は溶接により接続を行った。内塔筒身径が $3.0\text{m}\phi$ であることから、継手の接続方法として現場溶接と内法兰構造のボルトアップが考えられるが、設計思想に従い、現場における溶接継手となった。表-1に溶接作業のフローチャートを記する。

### 4. 避雷対策

建設地点である栃木県は、全国有数の落雷の多い県であることと、建設時期が丁度、梅雨から盛夏にわたったために避雷対策には特に注意して施工しなければならなかった。落雷に備えて鉄塔脚部に60口の銅線とターミナル座を建家鉄骨に接続させ本設仕様と同様に施工した。また、隨時気象台の通報に注意するとともに、電圧感知器を塔頂に備えて磁界の状態を知り、ボルテージが上がった際はただちに全員が鉄塔より待避して事故の発生を防止した。

### 5. むすび

市街地とくに中心の繁華街の工事は、制約条件が厳しいことは当然であるが、本工事においても部材の搬入か

ら仮設備の施工、建方工事中の騒音防止、塗装工事における飛散防止など、周囲の環境に与える影響を第1に考慮して施工した。本工事に採用されたリフトアップ工法は、クレーン工法では不可能な条件下でのシリンダー型の鉄塔の建方工法としては経済的な工法である。本鉄塔

はまた、一面シンボルタワーとしての美観を要求され、コンペの中から生まれた鉄塔でもある。今後このような条件下での鉄塔建設工事については、本例を参考とし、より良い美しい鉄塔を建設していきたいと思う。

1991.11.25受付

### グラビア写真説明

#### 隅田川問橋右岸テラス連絡橋（浮橋）

歌にも謳われる隅田川。昔大川と称され人々に親しまっていました。河川の整備が進むと同時にカミソリ護岸が人と川とを分離してしまったのです。そのカミソリ護岸も都市に文化とうるおいを、人と川とが親しめるように、近年国、都、区の尽力により生まれ変ってきました。緩傾斜堤防と言う新しい形の堤防で、人々を水辺に接する事が出来るように建設されてきています。

この浮橋は新しい親水堤が橋梁部で分断され、迂回を余儀なくされるため、その回避をはかるために計画されました。干潮時には固定され、満潮時には浮橋となり墨堤を散策する人々に利用されています。（北村）

#### 日鋼ビル

京王線、特急で新宿から20分、府中駅を降り櫻並木どうりを渡り歩いて5分程の所、甲州街道添に周囲の住宅地から突然大空に見上げる様な大きなビル群が現われる。「府中インテリジェントパーク」と云う、敷地面積18ヘクタール日本製鋼所の跡地である。公園、公共用地、電算センター、日本銀行計算センター、など9区画に分割され金融副都心として開発されている。

この事業は日本製鋼所、三井不動産、三鋼開発、の三者共同事業で進められており、全体が完成するのは1994年秋との事である。この中のC2ブロックに日本製鋼所の自社ビル「(仮称) 日鋼ビル」がある。完成後には「Jタワー」と云うスマートな名称に成ります。

構造は地下及び周辺低層部がS R C構造、地上19階の高層部はボックス柱のS造で、下部には温度管理の難しいT M C P鋼(SM58Q)を使用、またプレースにアンボンドプレースを使用するなどハイグレードな構造となっております。(泉)

#### 下広井ビル

J R 名古屋駅、正面から東京方面へ歩いて10分程の所が下広井である。ここに中部電力の「(仮称) 下広井ビル」がある。

このビルには大きな特徴が二つあり、第一は地下が非常に深いという事である。地下五階、G L -38メートルは日本でも一、二だそうである。工法はハイレベルな技術を要求される構造柱による逆打工法を採用しており、この為工期が大変長くなっています。浮力対策として地下のスラブ厚800mm、地下外壁1,000mmと大変厚くしております。第二は、超高压地下変電所ということである。超電圧275,000ボルトから、一般の変電所用の6,600ボルトに電圧を下げる変電所で、知多火力発電所で発電された電力が30kmの地下ケーブルでここに供給されている。地上階は1~3階が事務所、4~9階が電算センター、10階が通信制御室、11階が電気室となっています。新鮮なデザイン、高度情報化への対応など、将来を意識した建物となっています。(泉)

# 断面部品のCL-DATA作成プログラムの開発

## Data-Generating Program for Cutting Locations on Cross-Sectional Parts

鬼頭省吾\*  
Shohgo KITOH

堀井猛\*\*  
Takeshi HORII

下村時則\*\*\*  
Tokinori SHIMOMURA

### Summary

Time-saving systems for generating data are particularly important for use with numerically controlled machines. In order to generate graphic data more quickly, the primary data should be made by a batch-processing system rather than by CAD programs. This paper describes a batch-processing system which deals with producing diaphragms, transverse ribs, brackets and other items.

### 1. はじめに

近年NC工作機械の発達には目ざましいものがある。ワークを機械にセットしてスタートボタンを押せば、その威力は一目瞭然であろう。NC界線、切断機を例にあげれば、図形が曲線の入った複雑な形状であっても直線だけの簡単な形状であっても機械操作に差はない。また、機械が正常に動いている間はオペレーターは別の作業をすることもできる。これを従来どおりの手作業で行えば、3~4人からなる1組がかかりきりで作業しなければならず、また、形状が複雑になる程より多くの労力を要するとともに、切断用治具等も準備しておかなければならぬ。

NC工作機械を使用する側にとっては、スタートボタンを押すまでの段取り作業、特にデータをいかに正確に効率よく作成するかということが最大の課題と言えよう。界線・切断データの作成にあたって、最も簡便な方法は機械メーカーから提供されるCADを用いたシステムをそのまま使うことである。設計図面を見ながらCAD画面上に作画する方法は、取り付き易くまた、間違いも発見し易いという利点がある一方、対話型で一品ずつ作画しなければならないので時間がかかるという欠点がある。

この欠点を補うためには、バッチ処理でデータを作成すればよい。当社での大きな原寸展開システムとして、GIMS<sup>1)</sup>とMIPS<sup>2)</sup>がすでに稼働しており、フ

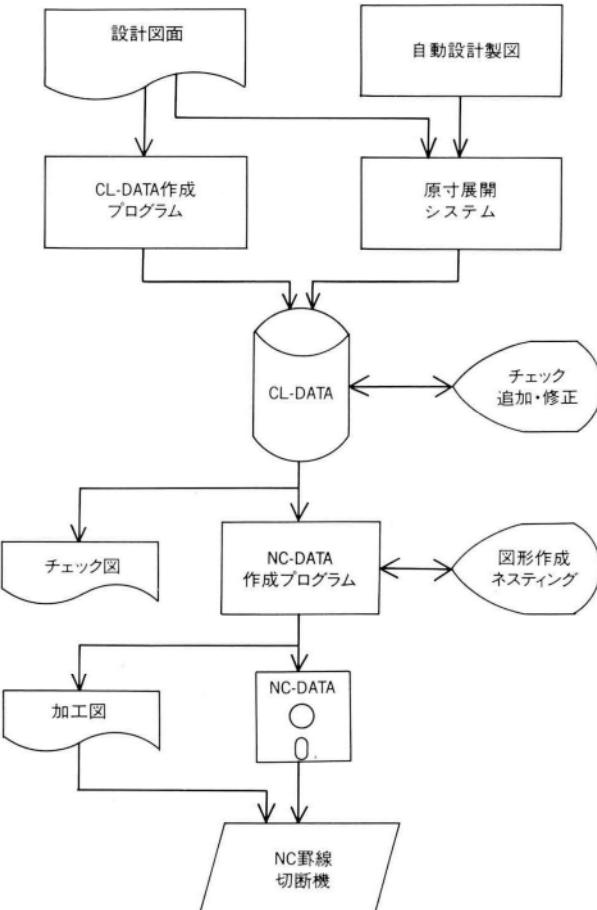


図-I NC界線・切断データ作成手順

\* 千葉工場生産設計部生産情報課長  
\*\* 千葉工場生産設計部生産情報課係長

\*\*\* 経営企画本部経営計画部情報システム課係長

ンジやウェブ等主部品のデータは作成している。しかし、ダイアフラムやプラケット等の小部品は形状が多様なため、大きなシステムでは処理し難い場合がある。そこでこのような小部品を処理し易いシステムが必要と考え、開発を進めてきた。このたび、ほぼ完成して実用に供する段階に達したので、ここにその概要を報告する。

## 2. NCデータ作成の概要

### (1) NCデータ作成手順

NC界線・切断データは、メインプロセッサによって作成されるCL-DATA(Cutter Location Data)を入力として作成される(図-1)。図-1のNC-DATA作成プログラム以降のシステムはNC工作機械メーカーから提供されるものをそのまま用いることができる。我々アプ側の課題はCL-DATAを如何に効率よく作成するかに集約される。

CL-DATAの作成には原寸展開システムとCL-DATA作成プログラムが現在稼働している。原寸展開システム

としてはGIMSと共同開発のMIPS ONおよびMASTER SON(平成4年4月稼働予定)があり、主にフランジやウェブのCL-DATAを作成する。CL-DATA作成プログラムは主としてダイアフラムや横リブ等のCL-DATA作成に適用される。

CL-DATAは数値の羅列であるのでチェックが難しい。そこでCAD画面上に図形で表し、形状や寸法をチェックしている。CADの編集機能を用いて追加、修正処理をしCL-DATAに逆変換できればさらに機能が充実するので、この変換方法を今後研究していく。

### (2) CL-DATAの構造

現在用いているCL-DATAの標準は図-2に示す構造になっている。これはMIPSONシステム共同開発会で考案されたものであるが、自社開発のシステムで作成する場合も同一形式として統一を図っている。“HEAD”データは製造番号や工事名等の工事識別データである。単位部品のデータは“BEGIN”で始まり“END”で終る。“GAIK”は外形線、“MARK1”、“MARK2”は界線、“CUT”は切抜きのデータの始まりを表し、その後にそれぞれの位置

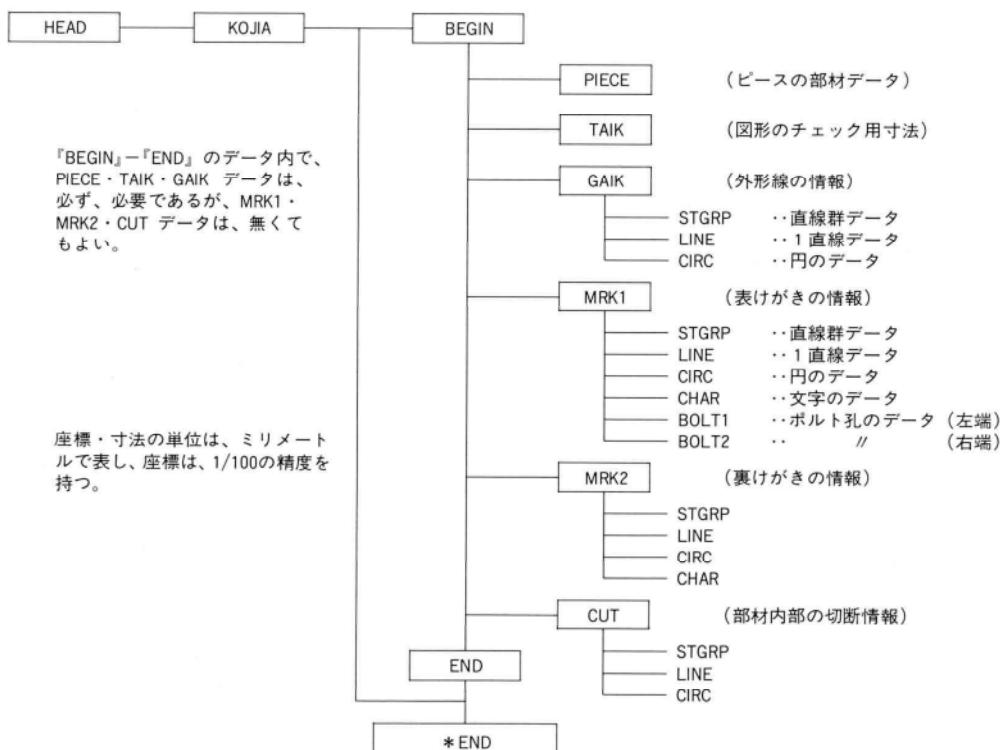


図-2 CL-DATAの構造

を指定する座標値のデータが並んでいる。

### 3. CL-DATA作成プログラム

#### (1) プログラムの構造

CL-DATA作成プログラムの構造を図-3に示す。インプットデータはメインプログラムにおいて読み込まれ、データに間違いがないかチェックされる。間違いがある場合はその箇所を指摘するメッセージをプリントして異常終了する。データに間違いがなければ入力された外形タイプに該当するサブルーチンが呼び出される。

外形タイプサブルーチンは、入力された寸法データに基づいて処理対象部品の格点の座標を計算した後、部品の幅、長さおよび対角長を求めて、CL-DATAファイルに図-2のBEGIN,PIECEおよびTAIKデータを書込む。続いて外形切断、切抜き切断、マーキングの順に各サブルーチンを呼び出してCL-DATAファイルにそれぞれのデータを生成し、最後に単位部品の終りを表すENDを書込む。

1つの部品の処理が終了後メインプログラムに戻り、次の部品のインプットデータの読み込みから上記と同様の処理が繰返される。このように一部品ごとの繰返し処理とした理由は、インプットデータの配列を小さくすることによるCPUの負荷軽減と部品数に制限をつけないためである。

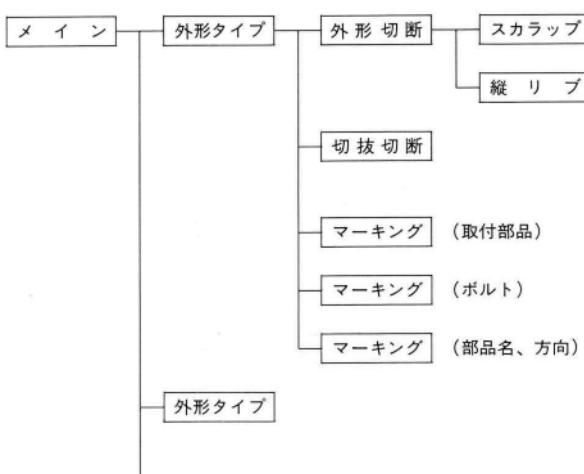


図-3 CL-DATA作成プログラムの構造

#### (2) 外形タイプ

このプログラムが現在適用できる外形形状は4～8角形で図-4に示す6タイプであり、各タイプとも現場継手数は3箇所まで処理可能にしている。タイプB～Fについては、ポイント5～8のうち必要でない点は寸法入力を省略してもよく、全部省略すればタイプAと同一形状になる。6種類の中からタイプを選択することにより、一般に出現するダイアフラム、横リブ、プラケット等の断面部品のインプットデータを、特別な予備計算することなく図面を見ながら作成することができる。

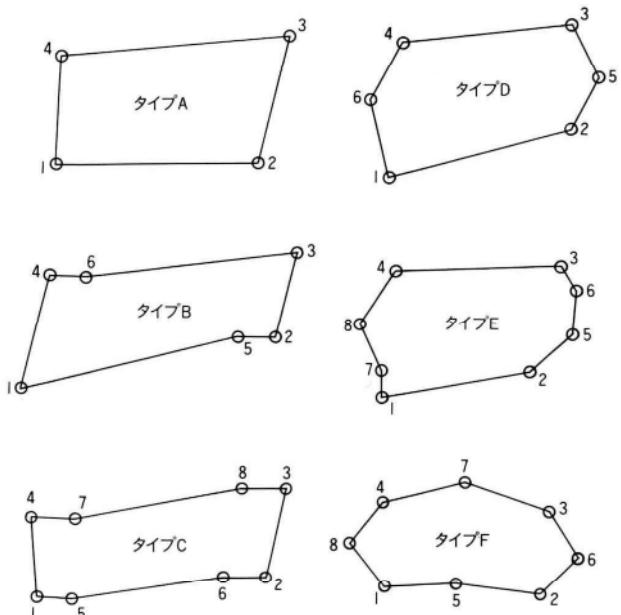


図-4 外形タイプ

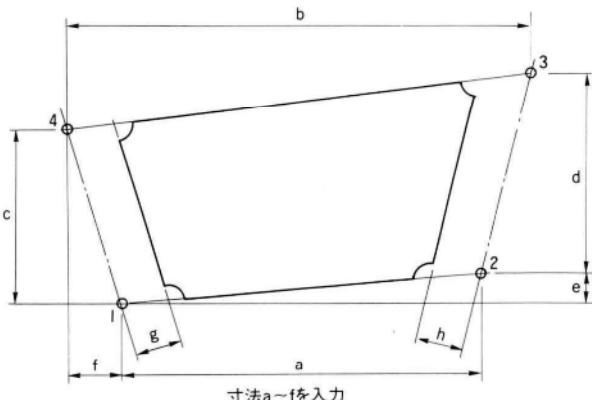


図-5 外形タイプAの入力寸法

図-5、図-6、図-7に各々タイプA、タイプB、タイプCの入力寸法を示す。タイプD～Fについてもほぼ同様である。図-5～図-7から推測されるように、入力寸法は図面に明示されている場合が多いので図面を見ながら容易に入力することができる。

現場継手がある場合は図-8に示すような寸法入力と

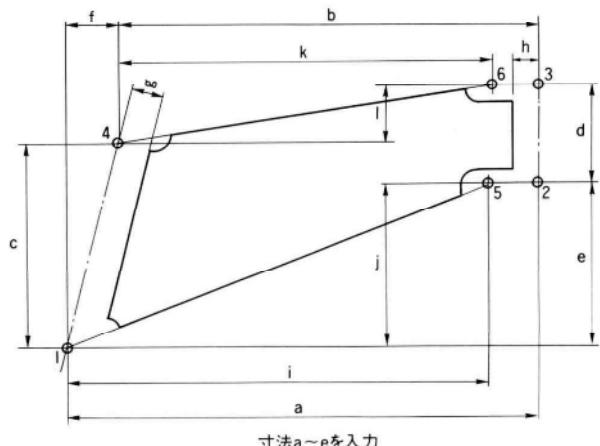


図-6 外形タイプBの入力寸法

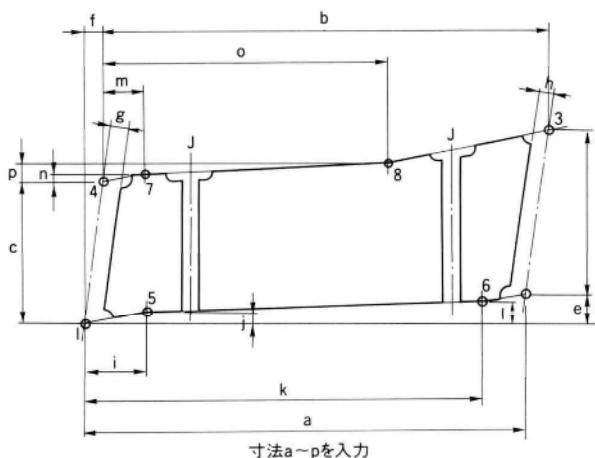


図-7 外形タイプCの入力寸法

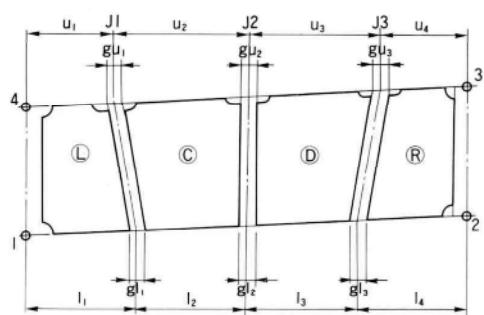


図-8 現場継手の入力寸法と対象部品記号

処理対象部品の指定が必要である。インプットデータの外形タイプ名欄に、タイプA～Fに続けて現場継手数と対象部品記号（L、C、D、R）を入力する。例として、図-8の左端の部品を対象とする場合は外形タイプ名欄にG A I K A 3 Lと入力すればよい。

### (3) 外形切断

外形タイプサブルーチンは図-4のタイプごとに個別のサブルーチンに分かれているが、外形切断サブルーチンは1つで共通としている。外形切断データの作成には、外形タイプで求めた対象部品の格点座標の他に、コーナースカラップと縦リブ貫通孔のデータが必要である。

コーナースカラップの形状は図-9に示す8種類を用意している。タイプE～Hは図-4のポイント1～4にのみ適用可能であり、また、円弧の部分が直線であって

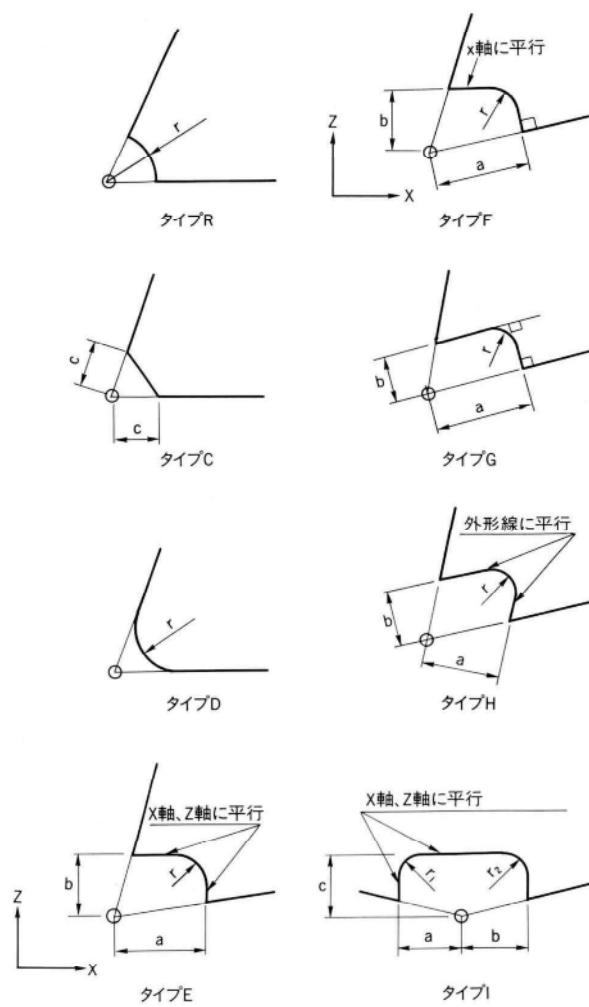


図-9 コーナースカラップの種類と入力寸法

もよい。スカラップがない場合は寸法を0.0と入力する。

縦リブ貫通孔のデータは貫通孔が存在する辺の指定、間隔、貫通孔の形状指定および寸法から構成される。リブ間隔の入力は、上下辺は左から左右辺は下から各々  $n @ p$  の形式として、図面との対比を容易にしている（図-10）。

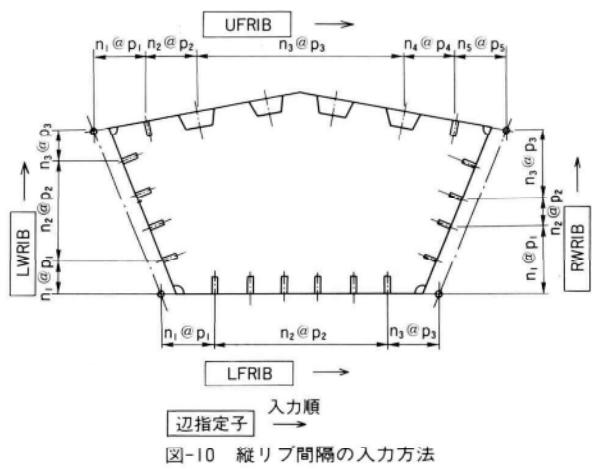


図-10 縦リブ間隔の入力方法

図-10の例のように1つの辺の中で異なる形状が混在していてもよい。縦リブにはプレート、バルブプレートおよびUリブを想定し、図-11に示す貫通孔形状に適用できるようにしている。形状ごとにサブルーチン化しているので、図示以外の形状が出現する場合はサブルーチンを1つ追加作成すればよい。座標の計算は、縦リブごとに局所座標系での値を求めてから、大座標系に変換する方法をとっている。

外形切断データを作成し、CL-DATAファイルに書込んだ後、このサブルーチンは終了して外形タイプザブルーチンに戻る。

#### (4) 切抜き切断

切抜き切断はダイアフラムのマンホールやダクト孔等部品の中を切抜く場合に適用されるプログラムである。インプットデータでは形状と位置を指定した後、切抜き寸法を並べる。切抜き位置はポイント1からの距離で与えられる（図-12）。切抜き位置が対象部品の外側にある場合はその切抜きデータは無視される。切抜き形状は図-

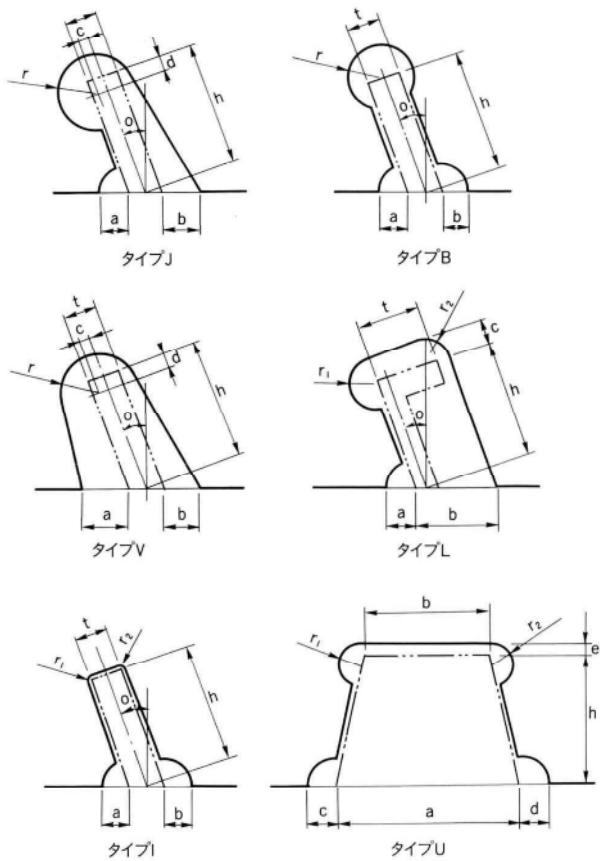


図-11 縦リブ貫通孔の形状と入力寸法

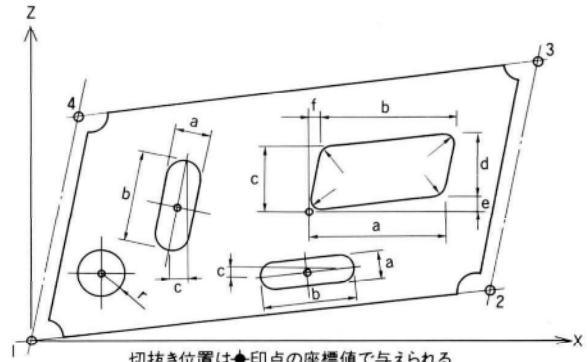


図-12 切抜き切断の形状と入力寸法

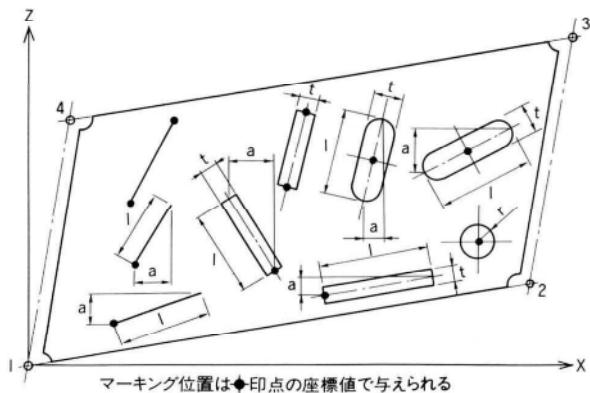


図-13 マーキングの形状と入力寸法

12に示すように、円、長円、および四角形を扱えるようしている。

#### (5) 部品取り付けマーキング

ダイアフラムや縦リブに取り付く補剛材等の取り付け位置および合わせ線等のラインをマーキングするためのサブルーチンである。インプットデータは、切り抜き切断と同様に形状と位置を指定した後、マーキングの寸法をならべる形式としている。マーキングの形状と入力寸法を図-13に示す。図-13の線分と矩形のうち長手寸法 $l$ が与えられるものについては、マーキング位置は始端終端のどちらの座標でもよく、図面を見てわかり易い方を取ればよい。プラケットや横桁の垂直補剛材の位置は、一般的にはX座標だけが図面に示されていて、Y座標は計算しないと求まらない。このように一方の座標値が明示されていない場合は、外形線の外になるように適当な値を入力しておけば外形線の内側にある部分のみをマーキングするようにしている。

部品を取り付ける面がマーキング面か裏面か、または両面かがマーキング線を見れば判断できるようにマーキング線の中央付近を変形させている。また、部品を入力しておけば部品名マーキングをすることもできる。

#### (6) その他のマーキング

ボルトマーキングはまず基準となる辺を指定してからゲージ間隔を入力し、ゲージ線ごとにピッチと孔径を入力する。これによってCL-DATAにはボルト孔中心を示す十文字のラインと孔径に等しい直径の円を描くデータが作成される。

最後に部品マークと方向マーキングがある。部品マークは部品名を識別するのに不可欠である。中心線に対して非対称の部品には方向の明示が必要である。一見して非対称であることが判別できる場合は間違えて逆向きに組み立ててしまう恐れはない。注意しなければならないのは一見しただけでは判別できない部品であり、この場合は方向マーキングを省略することはできない。部品マークと方向のマーキング位置はプログラム内で自動設定しているが、縦リブ貫通孔や切抜き部にかかるてしまう場合も生じる。CAD画面上でチェックし、不具合ならばマーキング位置を移動させることができる。

#### 4. 処理例

ダイアフラムを想定した一例を以下に示す。図-14はイ

```

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---8
001   (1125)11 *** HEISEI DOHASHI ***
004   (平成大橋ダイアフラムのCL-DATA)
001   BEGIN GAIKAO DIA1    1 9.0 SM400A      -1   35  1      0
005     1   Y   U   -150.0  150.0   0.0   0.0
004     2400.0 3200.0 2000.0 2000.0   0.0  -400.0   5.0   5.0
005     35.0R 35.0R 35.0R 35.0R
001   UFRIB 5
002   縦   1. 300.0JR 200.0X 19.0X 35.0R 35.0X 35.0R 0.0X 0.0X 0.0X
002   リ   1 340.0U 240.0X 320.0X 213.5X 20.0X 35.0R 35.0R 35.0R 35.0R
002   ブ   3 640.0U 240.0X 320.0X 213.5X 20.0X 35.0R 35.0R 35.0R 35.0R
002   プ   1 340.0JL 200.0X 19.0X 35.0R 35.0X 35.0R 0.0X 0.0X 0.0X
002   ブ   1 300.0JL 200.0X 19.0X 35.0R 35.0X 35.0R 0.0X 0.0X 0.0X
001   LFRIB 1
002   6 400.0JL 160.0X 16.0X 35.0R 35.0X 35.0R 0.0X 0.0X 0.0X
001   LWRIB 1
002   4 500.0V 120.0X 12.0X 35.0X 35.0X 20.0R 0.0X 0.0X 0.0X
001   RWRIB 1
002   4 500.0V 120.0X 12.0X 35.0X 35.0X 20.0R 0.0X 0.0X 0.0X
001   CUT  RECT 800.0 500.0
005   800.0 800.0 1000.0 1000.0 0.0 0.0
004   100.0R 100.0R 100.0R 100.0R
001   CUT  HCIRC 300.0 1300.0
005   100.0 400.0 0.0 0.0 0.0 0.0
001   CUT  CIRC 400.0 800.0
005   100.0 200.0 0.0 0.0 0.0 0.0
001   CUT  VCIRC 2200.0 1200.0
006   50.0 200.0 40.0 0.0 0.0 0.0
001   マ  MARKING VPLAT D 775.0 480.0 0.0 1040.0 10.0VS1 5
001   リ  MARKING VPLAT D 1625.0 1520.0 0.0 -1040.0 10.0VS2 5
001   キ  MARKING HPLAT F 1650.0 475.0 0.0 -900.0 10.0HS1 5
001   ン  MARKING HPLAT F 750.0 1525.0 0.0 900.0 10.0HS2 5
001   グ  MARKING HPLAT F
001   END

```

図-14 インプットデータの例

***HEISEIOOHASHI***						
HEAD				MIYAJI IRON WORKS		
KOJIA	8(1125)11					
BEGIN	DIA1	3127	2508	1	35	
PIECE	DIA1	9	3127	2508SM400A		
TAIK	3432.64	3432.64	3189.80	2389.80	2039.61	2039.61
GAIK	-1					
LINE	-1.77	34.32	-86.86	459.80		
LINE	-86.86	459.80	29.97	504.88		
CIRC	29.97	504.88	22.24	543.53	22.77	523.53 1
LINE	22.24	543.53	-102.94	540.20		
LINE	-102.94	540.20	-186.86	959.80		
LINE	-186.86	959.80	-70.03	1004.88		
CIRC	-70.03	1004.88	-77.76	1043.53	-77.23	1023.53 1
LINE	-77.76	1043.53	-202.94	1040.20		
外形 切断						
CUT						
切		1				
抜	LINE	1200.00	500.00	1500.00	500.00	
き	CIRC	1500.00	500.00	1600.00	600.00	1500.00 600.00 1
切	LINE	1600.00	600.00	1600.00	1400.00	
抜	CIRC	1600.00	1400.00	1500.00	1500.00	1500.00 1400.00 1
き	LINE	1500.00	1500.00	900.00	1500.00	
断	CIRC	900.00	1500.00	800.00	1400.00	900.00 1400.00 1
外形 切断						
MRK1						
マ	LINE	-1				
ー	LINE	1334.90	1630.00	1354.90	1660.00	
キ	LINE	1354.90	1660.00	1394.90	1640.00	
ン	LINE	1394.90	1640.00	1194.90	1640.00	
グ	LINE	1194.90	1640.00	1194.90	1840.00	
マ	LINE	1194.90	1840.00	1214.90	1800.00	
ー	LINE	1214.90	1800.00	1184.90	1780.00	
キ	CHAR	60	1424.90	1610.00	0.00000 1Y	
ン	CHAR	60	1169.19	1852.00	0.00000 1U	
グ	END		179			
マ	*END		182			

図-15 CL-DATAの例

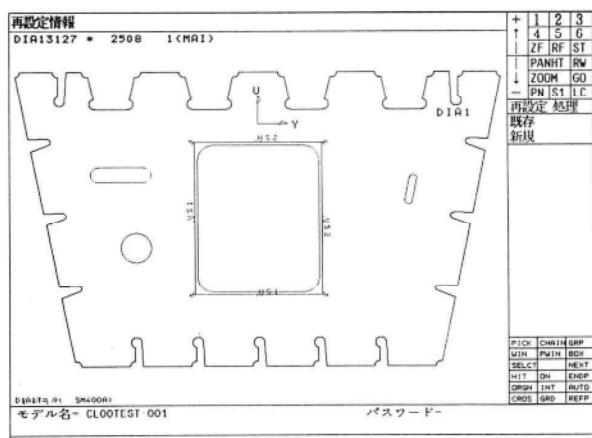


図-16 CADに表示したチェック図の例  
(図-14のインプットデータで処理)

ンプットデータ、図-15はCL-DATA、図-16はCADに表した図である。寸法のチェックはCAD画面上で行うことができる。

## 5. おわりに

外形切断と切抜き切断だけのデータ作成で、外形形状も限定されたプログラムは、平成3年1月に稼働し始めた。初期のものは汎用性がなく、インプットデータの作成にあたって予備計算も必要であった。これらの問題点を改良すべく作り直したプログラムを今回報告した。2、3の工事に適用した限りでは当初の目的にかなっているように思えるが、もっと多くの工事に適用してみないと本当の成果は判断できない。使いながら改良点があればその都度直していきたい。

今後の課題として、インプットデータのチェック方法

の改善とCADで追加・修正したものをCL-DATAに逆変換する方法の確立、などが残っている。インプットデータのチェックは、現在はCAD画面で行っているがかなりの時間を要するので、静電プロッターを用いて寸法の入ったチェック図を出力するようにしたいと考えている。CADからCL-DATAを作成できれば、設計からの出図が遅れがちな添架物等の取合ピースのマーキング処理も可能となろう。

部品形状、出図時期、加工工程およびプログラムに要

求される機能等いずれも多彩であり、これで十分というシステムは期待できないが、要求に少しでも対応すべく今後も努力していくつもりである。

#### 〈参考文献〉

- 1) 鬼頭、堀井、瀬戸、巣山；桁橋の製作情報作成システム、宮地技報 No.6 1990

1992.1.14受付

### グラビア写真説明

#### 三菱銀行情報センター新築工事

東京都心から西方約25kmの広大な丘陵地帯に、一大ニュータウンが計画されて20年が経過した。現在約15万人の人々が住む多摩ニュータウンである。小高い丘が連なり、ここに高層、中層の集合住宅が建ち並んでいる。空間を十分にとっている為か、緑と通風が確保され、ゆとりのある新しいタイプの町と言って良いだろう。京王線、小田急線も乗り入れており、今後更に拡大していくに違いない。

この住宅地に、近年、オフィスビルや、テーマランドが建設されるようになってきた。本工事も多摩ニュータウンの中心、多摩センター駅より車で10分程の、小高い丘の上に建設された。銀行の仕事も、預貯金の管理から為替ディーリングまで、もはやコンピューターなしでは何も出来なくなってきた。ここに世界最大のコンピューターセンターが建設されたが、それが当工事である。自家発電装置や、巨大電気容量の配線、免震床等々、建物と言うより、プラントと言った方が適当だろう。極厚材の使用、長大スパン等あったが、何なく納期通り納める事が出来た。  
(西原)

#### 練馬北（仮称）郵便局庁舎、郵政宿舎新築工事

東武東上線あるいは常磐地下鉄有楽町線成増駅と、西武池袋線練馬駅に挟まれた地域、現在は光が丘と呼ばれるこの地は、巨大住宅街に変貌した。かつてのワシントンハイツ跡であるが、高層住宅が林立し、植栽が計画的に施され、奇麗な新しい町並みが作られている。

町の拡張に伴って公共施設の建設が待たれていたが、警察署、消防署の新築に続き、当郵便局の新築となった。平成3年末に年賀状を受け付けられるようにという事で、全体工期18ヶ月という超短縮工期であったが、図面の作成等、先を見込した精力的な打ち合せが功を奏し、無事納期に間に合わせる事が出来た。平成3年12月には、ここから練馬駅まで地下鉄が開通した。この地下鉄は後年、新宿の新都庁舎脇まで通じる事になっているので、その時、ここ光が丘は更に便利になり、最先端を行く、計画的、機能的な住宅地になるであろう。(西原)

# パソコンLANによる設計の効率化について(その1) (NetWare386V3.1Jの導入と運用)

Efficiency Improvement in Designing with Personal Computer LANs (Part1)  
(Introduction and Operation of NetWare386V3.1J)

鳥羽 勇造\* 佐藤 浩明\*\* 大場 隆和\*\*\* 菅原 久志\*\*\*\*  
Yuzou TOBA Hiroaki SATOH Takakazu OHBA Hisashi SUGAWARA

## Summary

Ethernet cables (DSLINK) were previously installed on every floor of the head office building to connect terminals with the mainframe computer. This paper describes the implementation and use of a local area network (LAN) of NEC PC-9801 personal computers which had previously been operated independently. The network operating system is NetWare386.

## 1. まえがき

パソコンコンピューティングの発達により、各部署で身の回りの様々な業務の機械化が推進され、設計部でもパソコン導入により日常設計業務の効率化、高品位化が促進されている。しかし、パソコンレベルでのOA化が推進された結果、各種プログラム・データが部内に散在し、これらを企業資産として管理、運用するには、日々困難の度合を深めており、これを改善することが早急な課題になっている。一方、「80年前半に生まれたLAN技術は急速に発展をとげ、分散処理の1つの手段として、'90年代に入りパソコンLANの可能性が非常に注目を集めている。これまで、設計部においてもパソコンを十数台スタンドアロンとして使用してきており現状の問題点解決のため、パソコンLANの構築を平成3年8月から行ってきた。ここでは、本システム導入の背景とその概要と導入にまつわる諸問題、今後の課題等について報告する。

## 2. パソコンLAN導入の背景

LAN導入に先立ち、職場環境について種々検討し、以下のような設計部での独特なニーズが浮き彫りになり、その結果を踏まえて導入に踏み切った。

① 現在、設計部は設計1～3課、設計開発課に分か

\* 技術本部設計部設計開発課長      \*\*\* 経営企画本部経営計画部情報システム課  
\*\* 技術本部設計部設計開発課      \*\*\*\* 経営企画本部経営計画部情報システム課

れている。これまで、それぞれの課は同一フロア環境（6階）にあったが、手狭になってきたこともあり、平成3年8月時点で図-1のように2フロア化が実現された（6階および9階）。このため、アプリケーションソフトの共有管理が非常に難しくなると共に、有効活用しにくい環境になることが懸念された。

- ② 従来はデスクトップパソコンを本社オフィスに増設していたが、今後1人1台の時代に備えるため、ラップトップパソコンを主体に増設して、パソコンによる占有スペースを可能な限り削減し、他のユーザリティースペースとしての有効活用が望まれた。
- ③ 高速のページプリンタを数台のパソコンで共有すれば、低価格のプリンタを何台も用意するより少ない予算で高品質のプリントアウトができ、スペースの節約になり出力騒音にも悩ませられないといった、経済性ならびに環境改善の要求が高まった。
- ④ それぞれのパソコンのハードディスクに載せているソフトウェアやアプリケーションのバージョンがばらばらなため、統一して管理、利用していく、複数のパソコンがあたかも1台であるかのごとく使っていきたいという要求があった。
- ⑤ 豊富な既存ソフトウェアおよび自社開発ソフトを駆使した戦略的な設計ユーザ本位のネットワーク・システムを設計部に構築させて、オフィスの生産性

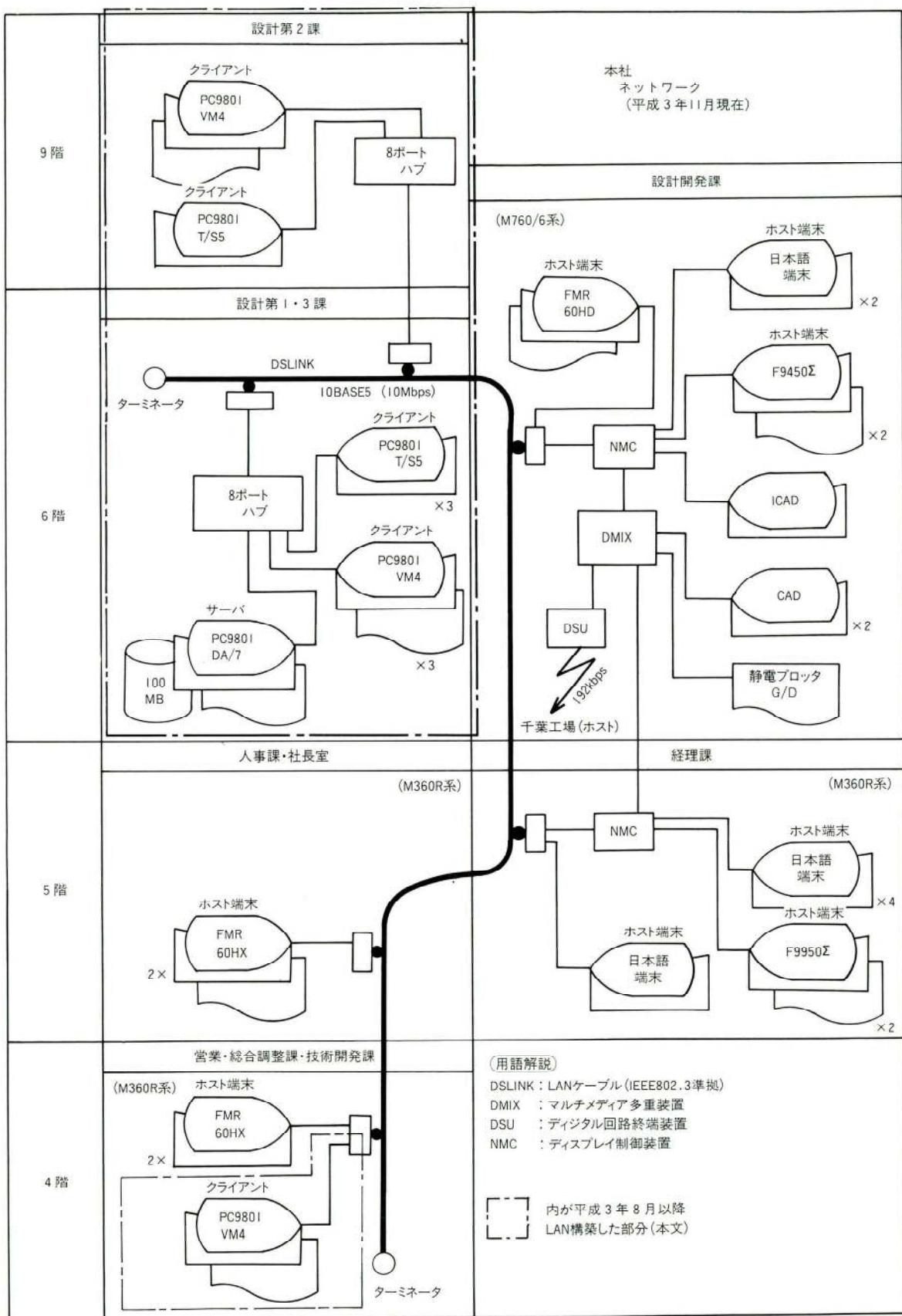


図-1 本社ネットワーク図

を上げたいという要求があった。

- ⑥ ある飛び抜けた開発者に頼らず、チームワークが重視されている時代だけに、あらゆる点で情報の共有化が課題となっており、パソコン LAN導入により他部署を含めた総合的な組織力を向上させていかなければならなかった。
- ⑦ 当社には富士通の中型電算機 2 台（事務系……M 360 R、技術系……M760／6）の併用による処理が、平成元年度より行われたことに合わせて、各事業所ごと（千葉工場・松本工場・本社）にホスト端末としての LAN が既に稼働していた。本社ではこの伝送路として、イーサネットケーブル 10BASE-5 (DSLINK、IEEE802.3イーサネット規格、転送速度10Mbps) が各階（4、5、6階）にネットワークバックボーンとして、天井こうがしで配線されており、これを有効活用することによってパソコンベースでも容易にネットワーク・システムが構築できる環境にあった。
- ⑧ 各種アプリケーションソフトから生み出されたデータは、数年間、個々のパソコンのハードディスクや個々の机の中のフロッピーディスク中に蓄えられ、必要なデータの検索が日々困難になりつつあった。

### 3. ネットワークOSの採用及び機器構成

ネットワークOS (NOS) については、各種リリースされているが、当社ではノベル社のNetWare 386V3.1J (40ユーザ用：日本語版) を導入することになった。その採用理由は以下のとおりである。

- ① 他のNOSに比べてサーバ機（親機）上に専用OSを採用し、個々のクライアント機（子機）のCPUでプログラムを動かすため、メインフレームに見られるTSSでの使用では、同時に多数ユーザーがアクセスした場合に処理速度が低下することがあるが、NetWare 386ではユーザ数が増えても速度が低下せず、むしろクライアント機が増えるにつれて処理能力も増大していくというように、パフォーマンスが非常に高い。
- ② クライアント側で占有するメモリー容量がドライバ、IPX処理ソフト、リダイレクタを合わせても 55KB 程度であることで LAN 接続ボードが低価格である。
- ③ 米国パソコン LAN 市場において 60% 以上のシェ

アを占めるネットワークOSであり、インテル社 80386、80486 CPU (32ビットプロセッサ) のアーキテクチャに最適化している。また、平成3年6月にNetWare の日本語版がリリースされることになった。

- ④ 現在5社のパソコンに対応しており、マルチベンダー接続が可能になっている。
- ⑤ サーバ機1台当たりのクライアント機の同時ログオン可能台数が最大250台でありクライアント機はサーバ機と異なる機種であってもよい。
- ⑥ 他部署にまたがる全社的な基幹 LAN を構築できる性能を備えており、ネットワーク・システムを順次拡張することが可能となっている。
- ⑦ 信頼性向上のためにディスク・ミラーリング、コントローラの2重化、ドランザクションの追跡、リード・アフター・ライト、ディスクの不適箇所の使用禁止などの技術を採用している。
- ⑧ パソコン LAN では、まずは課単位で LAN を導入し、うまくいったら部単位というように徐々に LAN を導入していくというプロセスを取れる。また、サーバ、クライアント機の増設で簡単にシステムを拡張していくことが可能である。

ハードウェアについては、NECのPC9800シリーズを標準マシンとした。NetWare サーバ機としては、8MBайтのEMS拡張メモリと純正100MBайтのハードディスクを持ったPC-9801DA7を導入した。(サーバは各メーカーとも基本的に純正品ハードディスクでないとNetWareが作動しない。) クライアント機には、既存のPC-9801VX4とともに、省スペース型のカラー液晶ディスプレイを持つPC9801T model S5を導入した。これには、4MBайтのEMS拡張メモリと40MBайтのハードディスクが装備されている。

リモートプリンタには、既存プリンタであるNECのPC-PR201H(シリアルプリンタ)とCASIOのLC-S-240(液晶プリンタ)を使用している。

各クライアント機のOSとしては、それぞれにMS-DOS Version 3.3Cを使用している。また、日本語入力フロントエンドプロセッサには、ATOK7を採用した。これはEMS対応していることと、NetWare側が推奨しているという理由からである。

イーサネットアダプターは全てネットワールドEP-98X (10BASE-T/5) を装着した。

図-1の1点鎖線内が今回パソコンLANを構築した部分であり、機器構成は以下のようである。

サーバ機 1台 (6階: 1台)  
クライアント機 9台  
(4階: 1台 6階: 6台 9階: 2台)  
リモートプリンタ 6台  
(4階: 1台 6階: 4台 9階: 1台)  
1ポートトランシーバ 2台 (6階: 2台)  
8ポートハブ 2台  
(6階: 1台 9階: 1台)

上記のPC-9801全てをシングルサーバネットワークとしてNetWare386でLAN化している。

サーバ機にアプリケーションプログラム各種をインストールし、起動時にプログラムをクライアント機にダウンロードして運用している。

#### 4. 運用効果

ワープロ、表計算、アプリケーションのデータ、データベースをサーバに保存して、どのパソコンからでも同時に利用することができ、作業の効率化が図れた。

各種の周辺機器を端末相互で共有することにより、人が動き回る周辺のスペースを含め約1坪くらいは節約でき、地代の高いオフィスではこの削減スペースがもたらした効果は大きかった。

高速・高機能プリンタ、大容量のハードディスクなど各種の周辺機器を共有することで、パソコン個々に導入するはずであった周辺機器の台数が少なくなり、コストダウンが図れた。

#### 5. 今後の運用展開

今後、システムの拡張やデータ量の増加によって、ハードディスクの容量が問題となってきた場合、300Mバイトまで増設しサーバには無停電電源装置を設置し、SCSIインターフェースを使用して、データの書き込み／消去が容易な光ディスクユニット(片面300Mバイト)で毎日データのバックアップを取っていくようにし、電子ファイリング化を促進していく。

今後、1人1台体制を目標にノートタイプのPC-9801NS/E40とカラー液晶のPC-9801T/F5を使い分けて導入していく。

現状ではパソコンFMR、F9450Σを汎用機M360R、

M760/6の端末として使用しているが、将来技術系のFMRのみはNetWareでLAN統合していく予定である。

現在、NetWareは40ユーザ版での運用であるが、1人1台のパソコン環境ともなれば、当然100ユーザ版に変更していくとともに、電子メール機能や電子掲示板機能をもつソフトを導入してペーパレスオフィス化を推進していく。

#### 6. 今後の問題点

- ① 他企業の動向が目に見える形としてなかなかつかみづらい。
- ② 汎用機との重複処理を避けなければならない。
- ③ エンドユーザーの体系的な教育をどこが担当してどのように展開していくか。(ワープロ、表計算、RD B、MS-DOSの基礎等の教育)
- ④ 故障対策を含めたネットワーク管理をどこが担当しネットワーク管理者を何名養成するか。
- ⑤ TCP/IPプロトコルが現状NetWare日本語版ではサポートされていないため、UNIXマシンとの連携をとれない。(サポートされた時点で考慮)
- ⑥ 現状ではまだベンダーのサポート力に信頼がおけない。

#### 7. あとがき

LANを構築してからその導入効果ができるまでは1年以上かかり、本当に目的を射た使い方に至るまでは2年間は要するだろうというのが正直な感想である。決して急いで利用方法を限定してしまうつもりはない。NetWareの豊富なネットワーク機能などは、まだ、本格的に使いこなしているわけではない。現在、試行錯誤しながら覚えているが使いながら完成していくことを大前提としている。

パソコンの能力は破竹の勢で進歩しており、これをフルに生かすことができるシステム形態が、パソコンLANの独壇場であることは確かなようである。この環境下で、部課員全員が快適で効率的なネットワークをもとめる過程では、極端に言えば、少しでも早くパソコンを導入してそれで遊んでみればよいのである。要するにそれぞれの基礎体力が重要なのであり、エンドユーザー

コンピューティングの活力づくりには、この遊び心が非常に重要である。これにより、だれもが自分の道具としてパソコンを使えるようになり、また、使いたくなり、延いては効率化、快適性が実現されると考える。つまり、コンピュータを扱う部門がブラックボックス的存在ではなく、エンドユーザがコンピュータに直接かかわる時代へ突入したのだといえる。

なお、運用面に関しては現在試行中であるため、引き（その2）として報告する予定である。

## 資料

本文中の英文略語の内容を以下に示す。

- ・ LAN : Local Area Network  
(ある業務において情報や媒体の共有が業務遂行上で有効であると考えられる場合で、かつ、それら情報や媒体の共有が物理的に可能である場合に、その要求を満たすシステム全体を LANと呼ぶ。)
- ・ NetWare : Novell,Inc.の登録商標
- ・ OA : Office Automation

- ・ O S : Operating System
- ・ T S S : Time Sharing System (時分割システム)
- ・ C P U : Central Processing Unit (中央処理装置)
- ・ I P X : Internetwork Packet eXchange
- ・ E M S : Expanded Memory Specification
- ・ R D B : Relational DataBase (関係データベース)
- ・ M S - D O S : 米国マイクロソフト社の登録商標
- ・ P C 9801 : 日本電気（株）の登録商標
- ・ F M R : 富士通（株）の登録商標
- ・ T C P / I P : Transmission Control Protocol  
/Internet Protocol
- ・ S C S I : Small Computer System Interface
- ・ D S L I N K : 富士通（株）の登録商標

## 参考文献

- 1) 情報システムと融合始まる LAN 日経BP社
- 2) LAN タイムズ ソフトバンク
- 3) LAN構築のテクニック 日経BP社

1992.1.14受付

## グラビア写真説明

### 大津通電気ビル

名古屋の中心地栄は、地下街が発達していて、地下には沢山の商店街が軒を連ねている賑やかな街である。また栄一帯は、錦、住吉、女子大小路、などの歓楽街がならび、夜になるとネオン瞬く地上の楽園に一変します。JR名古屋駅南側から真っすぐ東に延びる広小路通り、テレビ塔のある久屋大通の手前で交差する通りが大津通りで、三越、松坂屋、丸栄、などのデパートのある繁華街である。

この大津通り電気ビルは、松坂屋デパートの向かい側に新築されました。ここは中部電力発祥の土地だそうである。施主は、中部電力100%出資の電気ビル株式会社で、不動産、付帯設備の賃貸、管理運営をする会社である。建物は、地下3、4階が地下変電所、地下1階は店舗、1、2階が中部電力のショールーム、3階から11階が貸事務所である。明るくスマートなこのビルが完成すれば、この辺りの景観も一変するでしょう。栄にお出かけの時には、ショールームなど覗いてみては如何でしょうか。（泉）

## 編集後記

執筆者をはじめ多くの方々のご協力により第8号も無事発刊の運びとなりました。

本号の巻頭言は京都大学建築学科の金多潔先生から「都市の過密化と建築鉄骨」とのテーマで御執筆いただき有難うございました。21世紀に視点を置かれた都市の超高層化の必然性とその具体化に伴う建築鉄骨の総合的技術開発の重要性についての技術見解は、今後の研究課題、技術研鑽のよすがと致したく存じます。大変有難く誌面を借りて厚く御礼申し上げます。

昨年は湾岸戦争終結に引続きソ連邦解体と言う世界情勢の大きな変動があり、内外とも急激に変わりつつあります。この中にあって特に事の体質を見失わないことが重要と思われます。

本号では編集委員の異動があり小池委員長から高野委員長に交替しました。また、滝戸、原、宮坂委員から清宮、鳴沢、大橋委員に交替しました。よろしくお願ひします。編集委員一同今後の時代の変化に応じた宮地らしい充実した技報にすべく努力を続けるつもりでおります。

なお、掲載内容も含めご感想、ご意見をお寄せ頂ければ幸いです。

## 技報編集委員会

委 員 長	高 野 祐 吉	三 木 茂 喜	太 田 武 美
副 委 員 長	小 川 英 信	伊 木 達 治	清 宮 昭 夫
委 員	青 木 清	菅 井 衛	能 登 宥 愿
	小 出 勝 雄	鳴 沢 明 雄	太 田 貞 次*
	中 島 善 郎	大 橋 明*	
	宮 崎 好 永		

\*印 事務局兼務

## 宮地技報 第8号

発行日 平成4年3月20日

発行所 株式会社宮地鐵工所

〒103 東京都中央区日本橋小伝馬町15番18号

(日本橋SKビル) TEL 03(3639) 2111(代)

印刷所 三好印刷株式会社